

Timo Mäkelä

**Tietoliikenneoperaattorin automaattisen häiriöiden käsittelyn  
kehittäminen**

**Sähkötekniikan korkeakoulu**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 31.8.2012

Työn valvoja:

Prof. Raimo Kantola

Työn ohjaaja:

DI, KTM Esa Manninen

~~Aalto-yliopisto  
Sähkötekniikan kirjasto~~



**Aalto-yliopisto  
Sähkötekniikan  
korkeakoulu**

Tekijä: Timo Mäkelä

Työn nimi: Tietoliikenneoperaattorin automaattisen häiriöiden käsittelyn kehittäminen

Päivämäärä: 31.08.2012

Kieli: Suomi

Sivumäärä: 12+112

Tutkinto-ohjelma: Tietoliikennetekniikka

Valvoja: Prof. Raimo Kantola

Ohjaaja: DI, KTM Esa Manninen

Tietoliikennepalveluiden käytön kasvun seurauksena Internet-operaattorien tietoliikenneverkon häiriöiden havainnointi ja käsittely on siirtymässä kohti täysin automatisoitua järjestelmää. Muutoksen taustalla on tietoliikenneverkon valvottavien laitteiden määrän kasvusta aiheutunut verkonhallintakustannusten nousu sekä asiantuntijavoimin tehtävä valvonnan hitaus ja epätarkkuus. Automaattisten häiriöiden havainnoinnin ja käsittelyn seurauksena verkonhallintakustannukset vähentyvät ja tietoliikenneverkon tilasta saadaan kattavampaa tietoa lähes reaaliajassa. Vasta automaattisen häiriön käsittelyn epäonnistuessa häiriöstä luodaan häiriötiketti, minkä jälkeen viankorjauksen asiantuntija ottaa häiriön käsittelyyn.

Tämä diplomityö toteutettiin Elisan verkonhallinnan tilauksesta. Työn tavoitteena on vähentää automaattisesti häiriönkäsittelyjärjestelmän avaamien häiriötikettien määrää ilman, että asiakaskokema ja käytössä oleva häiriötiketteihin perustuva tiedotus häiriintyy. Lisäksi tavoitteena on automaatiota tehostamalla vähentää manuaalisesti avattujen häiriötikettien määrää ilman, että asiantuntijoiden käsittelemien häiriötikettien määrä kasvaisi. Häiriötikettien määrän vähentämiseksi kehitettiin useita muutosehdotuksia, jotka tehostavat Elisan käytössä olevaa automaattista häiriönkäsittelyjärjestelmän toimintaa. Tietämyksenhallinnan menetelmiä käytettiin apuna erityisesti tarvittavan tiedon keräämisessä ja tiedon yhdistämisessä. Tieto kerättiin Elisan asiantuntijoilta haastatteluiden avulla, dokumentaatioista, viankorjauksen tunnetuista prosesseista ja häiriötiketti-informaatiota analysoimalla.

Automaattisesti avattujen häiriötikettien määrää vähennetään LAN-kertautuvien häiriötikettien, APDisassociated-häiriötikettien, automaattisen valvonnan odotusaikojen muutosten ja asiakaskohtaisten profiilien muutosehdotusten avulla. Kyseisten muutosten seurauksena yhteensä noin 53,6 % automaattisesti avatuista häiriötiketeistä vähennetään, mikä on noin 32,0 % kaikista häiriötiketeistä. Manuaalisesti avattuja häiriötikettejä vähennetään SLA-suodatuksen ja tikettiparkin, sekä häiriötikettien luomissääntöjen muuttamisen muutosehdotusten avulla. Muutosten avulla manuaalisesti avattujen häiriötikettien määrää vähennetään yhteensä noin 14,0 %, joka on noin 5,6 % kaikista häiriötiketeistä. Lisäksi kaikkien muutosehdotusten seurauksena vähennetään kertautuvia häiriötikettejä noin 39,3 % ja SLA-viankorjausajan ylittäneitä häiriötikettejä noin 9,5 %.

Avainsanat: Tietoliikenneoperaattori, automaattinen, viankorjaus, ongelmanhallinta, vika, häiriö



Author: Timo Mäkelä

Title: Improving Network Operator's Automated Incident Handling

Date: 31.08.2012

Language: Finnish

Pages: 12+112

Professorship: Communications Engineering

Supervisor: Prof. Raimo Kantola

Instructor: DI, KTM Esa Manninen

Increasing usage of telecommunication services has led Internet providers to increase the automation of network incident detection and handling. The reasons behind the change are increased network management cost due to increase in monitored devices and slowness and impreciseness of manual incident detection. Automated incident detection and handling provides lower network management costs and thorough near real-time data of the monitored network's state, which speeds up the incident detection. If the automated incident handling system fails to correct the network error, the automated incident handling system creates an incident ticket and informs the specialist responsible of correcting network errors.

This master's thesis was commissioned by Elisa Oyj. The first objective of the thesis is to decrease the amount of incident tickets generated by the automated incident handling system without hindering customers' quality of service or incident ticket based reporting system. Second objective is to decrease the amount of manually opened incident tickets by increasing the automated incident detection without increasing the amount of manually handled incident tickets. The thesis illustrates many different changes to Elisa Oyj's automated incident detection and handling system to fulfill these objectives and decrease the amount of incident tickets. Knowledge management techniques were used in gathering combining of knowledge. The knowledge was gathered from interviews with Elisa Oyj's network specialists, existing system documentations, textbook error correction processes and incident ticket information analysis.

The amount of automation generated incident tickets was decreased with changes that concentrated on recurring LAN incident tickets, APDisassociated incident tickets, changing the automated incident handler's waiting times and generating individual customer usage profiles. These changes managed to decrease about 53,6 % of automation generated incident tickets which counts up to about 32,0 % of all incident tickets. The amount of manually opened incident tickets was decreased with changes that focused on SLA filtering and ticket park as well as incident ticket generation rule changes. These changes decreased the amount of manually opened incident ticket by circa 14,0 % which is about 5,6 % of all incident tickets. Furthermore the changes decreased circa 29,3 % of recurring incident tickets and about 9,5 % of incident tickets that have exceeded the SLA error correction times.

Keywords: Network Operator, Automated, Error Correction, Problem Management, Error, Incident

## i. Sisällysluettelo

i.	Sisällysluettelo .....	i
ii.	Lyhenne- ja käsiteluettelo .....	iv
iii.	Kuvaluettelo .....	vii
iv.	Taulukkoluettelo .....	ix
1	Johdanto .....	1
1.1	Tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajausta .....	2
1.2	Elisa Oyj.....	3
1.3	Työn rakenne.....	4
2	Tietoliikenneverkot.....	5
2.1	Internet-standardit ja protokollat.....	5
2.1.1	IP-protokolla .....	6
2.1.2	TCP-protokolla .....	7
2.2	Reitittimet ja reititysprotokollat .....	9
2.2.1	IGP- ja EGP-reititysprotokollat .....	10
2.2.2	MPLS-pakettien ohjaus.....	11
2.3	Verkon topologia.....	12
2.3.1	Asiakasverkot.....	13
2.3.2	Liityntäverkko.....	15
2.3.3	Runkoverkko.....	18
2.4	Verkon mittaustyökalut.....	20
2.4.1	Ping .....	20
2.4.2	SNMP.....	20
2.4.3	RMON .....	21
2.4.4	Syslog-viestit .....	21
2.4.5	NetFlow .....	22
2.4.6	sFlow.....	22
2.4.7	BFD.....	22
2.4.8	MPLS-TP .....	24
2.4.9	Elisan mittausjärjestelmä .....	24
3	Verkonhallinta ja viankorjaus.....	26
3.1	Verkonhallinta.....	26
3.1.1	Vikojen hallinta.....	26
3.1.2	Kokoonpanon hallinta.....	27
3.1.3	Käytön kirjanpidon hallinta .....	27
3.1.4	Suorituskyvyn hallinta .....	27
3.1.5	Turvallisuuden hallinta .....	28
3.2	ITIL-malli.....	28
3.2.1	Tapahtumanhallinta .....	29
3.2.2	Ongelmanhallinta.....	31
3.3	Verkon ongelmat ja viat .....	33
3.3.1	Runkoverkon viat.....	34
3.3.2	DSLAM:in viat .....	34
3.3.3	Liityntäverkon viat.....	36



<b>4</b>	<b>Elisan verkonhallintajärjestelmät .....</b>	<b>37</b>
4.1	Verkon häiriöiden havaitseminen .....	38
4.2	Konfiguraationhallintatietokanta.....	39
4.3	Häiriönkäsittelyjärjestelmä .....	39
4.4	Tiketöintijärjestelmä ja tiketöinti .....	43
4.5	Esimerkki vikatilanteesta .....	44
<b>5</b>	<b>Tietämyksenhallinta .....</b>	<b>47</b>
5.1	Tiedon määrittely .....	48
5.2	Tietospiraalimalli .....	50
5.2.1	Vaihe 1: Sosialisatio.....	50
5.2.2	Vaihe 2: Ulkoistaminen .....	51
5.2.3	Vaihe 3: Yhdistäminen .....	51
5.2.4	Vaihe 4: Sisäistäminen.....	52
5.3	Tietämyksenhallinta ongelmanratkaisussa.....	52
5.4	Henkilökohtainen tietämyksenhallinta.....	53
<b>6</b>	<b>Tutkimusaineisto- ja menetelmät .....</b>	<b>55</b>
6.1	Tutkimusaineisto .....	55
6.2	Menetelmät.....	57
6.3	Muutosten toteutus .....	57
6.4	Empiirisen osion rakenne .....	58
<b>7</b>	<b>Automaatin avaamien tikettien vähentäminen .....</b>	<b>59</b>
7.1	LAN-kertautuvat häiriötiketit.....	59
7.2	APDisassociated-häiriötikettien vähentäminen .....	60
7.2.1	Tikettiparkki.....	61
7.2.2	Tietokanta .....	62
7.3	Automaattisen valvonnan odotusaikojen muuttaminen .....	63
7.4	Asiakaskohtaiset profiilit .....	65
7.4.1	Ilmiön ominaisuudet .....	65
7.4.2	Sähkökatkoprofiilien luonti .....	67
7.4.3	Toiminta.....	68
7.4.4	Hyödyt ja haitat.....	68
<b>8</b>	<b>Manuaalisesti avattavien tikettien vähentäminen .....</b>	<b>70</b>
8.1	SLA-suodatus ja tikettiparkki .....	70
8.1.1	Suodatus ehdot.....	70
8.1.2	Hyödyt ja haitat.....	71
8.1.3	Kehitysehdotukset.....	72
8.2	Häiriötikettien luomissääntöjen muuttaminen .....	73
<b>9</b>	<b>Automaatin avaamien tikettien vähentämiseen johtavien muutosten tulokset</b>	<b>74</b>
9.1	LAN-kertautuvat häiriötiketit.....	74
9.2	APDisassociated-häiriötikettien vähentäminen .....	76
9.3	Automaattisen valvonnan odotusaikojen muuttaminen .....	80
9.4	Asiakaskohtaiset profiilit .....	84
<b>10</b>	<b>Manuaalisesti avattavien tikettien vähentämiseen johtavien muutosten tulokset.....</b>	<b>86</b>
10.1	SLA-suodatus ja tikettiparkki.....	86
10.2	Häiriötikettien luomissääntöjen muuttaminen.....	87
<b>11</b>	<b>Muutoksien vaikutuksien analysointi .....</b>	<b>89</b>
11.1	Ensimmäinen tutkimuskysymys .....	89



11.2	Toinen tutkimuskysymys.....	90
11.3	Apukysymykset .....	92
11.3.1	Ensimmäinen apukysymys .....	92
11.3.2	Toinen apukysymys .....	93
<b>12</b>	<b>Jatkokehitysideat .....</b>	<b>95</b>
12.1	Häiriökäsittelyjärjestelmän tiketin avaamislogiikan uudistus .....	95
12.2	DSL-kättelyn epäonnistumisen ja tikettiparkki .....	96
12.2.1	Ilmiön ominaisuudet .....	96
12.2.2	Toiminta.....	97
12.2.3	Tikettiparkki ja korjausmenetelmät .....	100
12.2.4	Vian vastuun rajaaminen .....	100
12.2.5	Hyödyt ja haitat.....	101
12.3	Automaattisen valvonnan automaattinen poiskytkentä .....	102
12.4	Häiriönkäsittelyjärjestelmän logiikan läpikäynti.....	103
<b>13</b>	<b>Yhteenveto ja pohdintaa .....</b>	<b>104</b>
13.1	Tietämyksenhallinta osana muutosehdotusten luontia .....	104
13.2	Muutokset ja tulokset .....	106
<b>14</b>	<b>Lähdeluettelo.....</b>	<b>110</b>

## ii. Lyhenne- ja käsiteluettelo

AS	Autonominen alue, engl. Autonomous System
ASDL	Asymmetrinen digitaalinen tilaajalinja, engl. Asymmetric Digital Subscriber Line
BFD	Kaksisuuntainen välityksen havaitseminen, engl. Bidirectional Forwarding Detection
BGP	Rajayhdyskäytäväprotokolla, engl. Border Gateway Protocol
CMDB	Konfiguraationhallintatietokanta, engl. Configuration Management Database
CRM	Asiakkuuden hallinta, engl. Customer Relationship Management
DHCP	Dynaaminen isännän määrittelyprotokolla, engl. Dynamic Host Configuration Protocol
DiffServ	Eriytetyt palvelut, engl. Differentiated Services
DSL	Digitaalinen tilaajalinja, engl. Digital Subscriber Line
DSLAM	Digitaalisen tilaajalinjan pääsyn kanavointilaite, engl. Digital Subscriber Line Access Multiplexer
EGP	Ulkoinen yhdyskäytäväprotokolla (reititysprotokolla), engl. Exterior Gateway Protocol
EGP	Ulkoinen yhdyskäytäväprotokolla (reititysprotokollaluokka), engl. Exterior Gateway Protocol
ELSR	Lähtöleimareititin, engl. Egress Label Switching Router
FCAPS	Vika, kokoonpano, käytön kirjanpito, suorituskyky ja turvallisuus, engl. Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security
FTTB	Valokuitu taloon, engl. Fiber-to-the-Building
FTTC	Valokuitu kadunkulmaan, engl. Fiber-to-the-Curb
FTTH	Valokuitu kotiin, engl. Fiber-to-the-Home
HD	Asiakaspalvelu, engl. Help Desk
HDSL	Korkean bittinopeuden digitaalinen tilaajalinja, engl. High-Bitrate Digital Subscriber Line
IBP	Internetin runkoverkon palveluntarjoaja, engl. Internet Backbone Provider
IEEE	Sähkö- ja elektroniikkatekniikan instituutti, engl. Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet-tekniikan työryhmä, engl. Internet Engineering Task Force
IGP	Sisäinen yhdyskäytäväprotokolla, engl. Interior Gateway Protocol
IKT	Henkilöiden välinen tiedon välittäminen, engl. Inter-Personal Knowledge Transferring
ILSR	Tuloleimareititin, engl. Ingress Label Switching Router
IP	Internet-protokolla, engl. Internet Protocol
ISP	Internet-palveluntarjoaja, engl. Internet Service Provider
ITU-T	Kansainvälisen tietoliikenneunionin tietoliikenteen standardointijaosto, engl. International Telecommunications Union

	- Telecommunications Standardization Sector
KM	Tietämyksenhallinta, engl. Knowledge Management
LAN	Lähiverkko, engl. Local Area Network
LSP	Leimapolku, engl. Label Switch Path
LSR	Leimareititin, engl. Label Switching Router
MAC	Verkkoresurssin pääsynhallinta, engl. Media Access Control
MIB	Hallintatietokanta, engl. Management Information Base
MPLS	Moniprotokolla leimakytkentä, engl. Multiprotocol Label Switching
MPLS-TP	Moniprotokolla leimakytkentä-siirtoprofiili, engl. Multiprotocol Label Switching Transport Profile
OAM	Käyttö, hallinta ja ylläpito, engl. Operations, Administration and Maintenance
OSPF	Avaa lyhyin reitti ensin, engl. Open Shortest Path First
PIM	Henkilökohtainen informaationhallinta, engl. Personal Information Management
PKI	Henkilökohtainen tiedon sisäistäminen, engl. Personal Knowledge Internalization
PKM	Henkilökohtainen tietämyksenhallinta, engl. Personal Knowledge Management
PWC	Henkilökohtaisen viisauden luonti, engl. Personal Wisdom Creation
RAS	Luotettavuus, saatavuus ja selviytyvyys, eng. Reliability, Availability and Survivability
RDI	Etävianosoitus, engl. Remote Defect Indication
RFC	Kommentointi pyyntö dokumentti eli Internet-standardi, engl. Request For Comments
RFC	Muutospyyntö ITIL-terminologiassa, engl. Request for Change
RIP	Reititysinformaatioprotokolla, engl. Routing Information Protocol
RMON	Verkon etävalvonta, engl. Remote Network Monitoring
SAM	Palvelutietoinen hallinta, engl. Service Aware Manager
SLA	Palveluluokkasopimus, engl. Service Level Agreement
SNMP	Yksinkertainen verkonhallintaprotokolla, engl. Simple Network Management Protocol
TCP	Tiedonsiirron hallinnointiohjelma, engl. Transmission Control Program
TCP	Tiedonsiirron hallinnointiprotokolla, engl. Transport Control Protocol
TLS	Tiedonsiirtotason turvallisuus, engl. Transport Layer Security
UDP	Käyttäjä datagrammi protokolla, engl. User Datagram Protocol
W3C	Maailmanlaajuisen verkon liitto, engl. World Wide Web Consortium
WAN	Laajan alueen verkko, engl. Wide Area Network
WLAN	Langaton lähiverkko, engl. Wireless Local Area Network
WLAN-AP	Langattoman lähiverkon liityntäpiste, engl. Wireless Local Area Network Access Point



WLC

Langattoman lähiverkon ohjain, engl. Wireless Local Area Network  
Controller

### iii. Kuvaluettelo

Kuva 1. Elisa Oyj toimintamalli. ....	3
Kuva 2. IPv4-protokollan otsikkotiedot.....	7
Kuva 3. Sovellustiedon kapsulointi TCP/IP-mallin mukaisissa tasoissa.....	8
Kuva 4. IP-paketin välitys MPLS:n avulla. ....	12
Kuva 5. Internetin hierarkkinen topologia. ....	13
Kuva 6. LAN-verkon topologia. ....	14
Kuva 7. xDSL DSLAM-liityntäverkko. ....	16
Kuva 8. Kaapeli-TV:n tiedonsiirron mahdollistava liityntäverkko. ....	17
Kuva 9. Valokuitu kadunkulmaan. ....	18
Kuva 10. ISP:n ja IBP:n topologia.....	19
Kuva 11. Tapauksen käsittelyn kulku virheestä korjaukseen. ....	29
Kuva 12. ITIL:n tapahtumanhallintaprosessi.....	30
Kuva 13. ITIL:n ongelmanhallintaprosessi. ....	32
Kuva 14. Elisan verkonhallintajärjestelmät. ....	38
Kuva 15. Häiriönkäsittelyjärjestelmän toimintatapa. ....	40
Kuva 16. Onnistuneiden DSLAM-portin uudelleenkäynnistymisten osuus automaattisesti avatuista häiriötiketeistä, 3.2011–2.2012. ....	42
Kuva 17. Kaikkivaltainen hiljainen tieto. ....	49
Kuva 18. Tietospiraalimalli. ....	50
Kuva 19. Grayn tietämyksenhallinta ongelmanratkaisussa. ....	52
Kuva 20. Henkilökohtainen tietämyksenhallinta 2.0.....	54
Kuva 21. LAN-kertauvien vähennyslogiikka .....	60
Kuva 22. Automaattisesti avattujen häiriötikettien osuus kaikista häiriötiketeistä aikavälillä 1.1.2011 – 31.12.2011.....	61
Kuva 23. APDisassociated-kertauvien vähennyslogiikka. ....	63
Kuva 24. Häiriönkäsittelyjärjestelmän odotusajan muuttamisen logiikka. ....	65
Kuva 25. Viikkotasolla automaattisesti avattujen häiriötikettien suhteelliset osuudet kaikista automaattisesti avatusta häiriötiketeistä, 5.9.2011–31.12.2011. ....	75
Kuva 26. Päivätasolla automaattisesti avattujen häiriötikettien suhteelliset osuudet kaikista automaattisesti avatusta häiriötiketeistä, 1.9.2011–31.12.2011. ....	76
Kuva 27. Kaikki tiketit, automaatin avaamat tiketit ja APDisassociated-tiketit. ....	77
Kuva 28. Tikettiparkkiin siirrettävien APDisassociated-häiriötikettien suhde kaikkiin automaattisesti avattaviin tiketteihin. ....	78
Kuva 29. Tikettiparkkiin siirrettävät APDisassociated-häiriötiketit, kuukausinäkymä .....	79
Kuva 30. Tikettiparkkiin siirrettävät APDisassociated-häiriötiketit, viikkonäkymä...	79
Kuva 31. Häiriötikettien vähentymä vuodessa, vasteaika 30 minuuttia, yö. ....	81
Kuva 32. Häiriötikettien vähentymä vuodessa, vasteaika 60 minuuttia, yö. ....	81
Kuva 33. Häiriötikettien vähentymä vuodessa, vasteaika 120 minuuttia, yö. ....	82
Kuva 34. Häiriötikettien vähentymä vuodessa, kaikki yli 15 minuutin vasteajat, päivä.....	83
Kuva 35. Manuaalisesti ja automaattisesti avattavien häiriötikettien väliset suhteet..	87

Kuva 36. Häiriökäsittelyjärjestelmän tiketin avaamislogiikan uudistuksen vähennyksen osuus kyseisenä kuukautena automaattisesti avatuista häiriötiketeistä .	96
Kuva 37. DSL-kättelyhäiriön käsittely, vaihe 1. ....	98
Kuva 38. DSL-kättelyhäiriön käsittely, vaihe 2. ....	99



#### iv. Taulukkoluettelo

Taulukko 1. Suuntaa antava kuvaus liittymävikamääristä häiriötyypeittäin .....	34
Taulukko 2. Häiriötikettilistauksen tiedot .....	56
Taulukko 3. Esimerkki valvotun verkkolaitteen sähköjen katkaisemisesta asiakkaan toimesta. ....	67
Taulukko 4. LAN-kertautuvien häiriötikettien muutoksen tulokset.....	76
Taulukko 5. APDisassociated-häiriötikettien vähentämisen tulokset.....	80
Taulukko 6. Automaattisen valvonnan odotusajan muuttamisen tulokset .....	84
Taulukko 7. Asiakaskohtaisten sähkökatkoprofiilien tulokset .....	85
Taulukko 8. SLA-suodatuksen ja tikettiparkin tulosten aikavälin muunto .....	87
Taulukko 9. Häiriötikettien luomissääntöjen muutoksen tulokset.....	88
Taulukko 10. Automaattisesti avattujen häiriötikettien vähentäminen .....	90
Taulukko 11. Manuaalisesti avattujen häiriötikettien vähentäminen .....	91
Taulukko 12. Kertautuvien häiriötikettien vähennys.....	93

## 1 Johdanto

Tietoliikenneverkko koostuu useista itsenäisistä yhteenliitetyistä verkoista ja laitteista, joiden kautta verkon päätelaitteet voivat lähettää tietoa toisilleen. Internet-operaattori ylläpitää runko- ja liittymäverkkoa, jonka avulla asiakkaille tarjotaan tietoverkkoyhteyksiä. Laajalle maantieteelliselle alueelle levittäytyneiden asiakkaiden tietoliikenneverkot ja verkkolaitteet yhdistetään liittymäverkon kautta runkoverkkoon keskitettyjen liittymäpisteiden avulla. Liittymäverkon toteutuksessa käytetään usein lankapuhelimen kupariparikaapelia, kaapeli-TV:n koaksiaalikaapeleita tai tiedon-siirtoa varten asennettuja valokuitukaapeleita. Operaattorin runkoverkon kautta asiakkaiden tietoliikenne voidaan siirtää toisten operaattorien runkoverkkoihin ja toisiin päätelaitteisiin.

Tietoliikenneoperaattorin yhtenä tavoitteena on varmistaa nykyisten ja tulevien asiakkaiden tietoliikenneyhteyksien toimivuus ja laatu. Tämän varmistamiseksi operaattorien ydintoimintana on verkonhallinta, joka jakautuu viiteen eri alueeseen: vikojen, kokoonpanon, käytön kirjanpidon, suorituskyvyn ja turvallisuuden hallintaan [1]. Vikojen hallinnan tehtävänä on tietoliikenneverkkossa syntyvien vikojen käsittely. Kokoonpanon hallinta vastaa verkon suunnittelusta ja laajentamisesta. Käytön kirjanpidon hallinta vastaa asiakkaiden palvelujen laskutuksesta käyttömäärien perusteella. Suorituskyvyn hallinnan tehtävänä on mitata ja valvoa tietoverkon suorituskykyä. Turvallisuuden hallinnan vastuulla on tietoverkon tietoturvatehtävät.

Verkkoliikenteen ja sitä käyttävien palveluiden suosion kasvaessa havaitaan, että tietoverkon manuaalinen valvonta asiantuntijoiden ja asiakkaiden ilmoitusten avulla on liian hidasta ja epätarkkaa, minkä seurauksena verkon häiriöiden valvonta ja osa häiriöiden käsittelystä on pyritty automatisoimaan. Automatisoidun tietoverkon valvonnassa automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä tarkistaa systemaattisesti kaikkien asiakas-, liittymä- ja runkoverkkoon kytkeytyneiden laitteiden toimivuuden yksinkertaisilla verkkoliikenteen mittausten menetelmillä. Automaattinen häiriönkäsittelyjärjestelmä käsittelee automaattisesti havaitut häiriöt ennalta määrätyn säännösten perusteella tehtävien korjaustoimintojen avulla yrittäen poistaa havaitun häiriön ja sen aiheuttaneen juurisyyn. Häiriönkäsittelyjärjestelmän viankorjauksen epäonnistuessa häiriöstä luodaan häiriötiketti, jonka avulla ilmoitetaan asiantuntijalle häiriöstä. Häiriötikettiä käytetään myös viankorjauksen tapahtumien valvontaan ja työtehtävien jakamiseen. Automatisoidun valvonnan avulla saadaan tilatietoa tietoverkon häiriöistä lähes reaaliaikaisesti ja automaation tekemien yksikertaisten korjaustoimenpiteiden avulla saadaan aikaan säästöjä, koska kyseisillä korjaustoimenpiteillä vähennetään asiantuntijoiden työmäärää. Tässä työssä esitellään Elisan käytössä oleva häiriönkäsittelyjärjestelmä ja kehitetään siihen automatisointia tehostavia uudistuksia.

## 1.1 Tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaus

Ensimmäisenä tavoitteena on aiheettomien häiriötikettien määrän väheneminen, mihin sisältyy automaattisesti ja manuaalisesti avattuja häiriötikettejä. Häiriötikettejä käytetään tietoverkon havaittujen häiriöiden kuvaamiseen, korjaustöiden ohjaukseen ja viankorjauksen valvontaan. Työn toinen tavoite on kertautuvien häiriötikettien määrän vähentäminen. Häiriötiketti luokitellaan kertautuvaksi, jos kyseisestä asiakkuudesta on luotu viimeisen seitsemän vuorakauden sisällä häiriötiketti. Kolmas työn tavoite on onnistumisprosentin parantuminen palveluluokkasopimuksen mukaisessa viankorjauksessa, jossa mitattavat suuret ovat vaste-, rajaus- ja korjausajat. Työn tavoitteet on määritelty Elisan sisäisten tavoitteiden mukaisesti.

Työn tutkimuskysymysten tavoitteina on vähentää automaattisesti ja manuaalisesti avattujen häiriötikettien lukumäärää. Työssä täytyy löytää menetelmiä automaattisesti luotujen häiriötikettien vähentämiseen ilman, että asiakaskokema tai häiriötiketteihin perustuvat tiedotusmenetelmät häiriytyvät. Manuaalisten häiriötikettien vähentämiseen täytyy löytää keinoja, joilla käsiteltävien häiriötikettien määrää ei lisätä, vaikka automaattista häiriöiden valvontaa tehostetaankin. Työn tutkimuskysymykset esitellään seuraavaksi.

### Tutkimuskysymykset:

1. Millä keinoin pystytään vähentämään automaattisilla menetelmillä havaituista häiriöistä luotujen häiriötikettien määrää ilman, että asiakaskokema tai häiriötiketteihin perustuva tiedotus kärsii?
2. Millä keinoin voidaan automaattisella lisäämällä vähentää manuaalisesti avattavien häiriötikettien määrää ilman, että se lisäisi manuaalisesti käsiteltävien häiriötikettien määrää?

Apukysymyksinä tutkitaan kuinka paljon tutkimuskysymysten vähennysmenetelmät kohdistuvat kertautuviin häiriötiketteihin ja kuinka paljon vähennysmenetelmät nostavat SLA-viankorjauksen onnistumisprosenttia. Työn apututkimuskysymykset esitellään seuraavaksi.

### Apukysymykset:

1. Kuinka paljon eri häiriötikettien vähennysmenetelmät kohdistuvat kertautuviin häiriötiketteihin?
2. Miten häiriötikettien kokonaismäärää pienentämällä saadaan nostettua SLA-viankorjauksen onnistumisprosenttia?

Työ keskittyy Elisan yritysasiakkaiden kiinteän verkon liittymien automatisoidun häiriöiden käsittelyn tehostamiseen Elisan automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän alaisuudessa toimivassa häiriönkäsittelyjärjestelmässä. Työn rajauksessa pyritään ottamaan huomioon koko Elisan verkonhallintajärjestelmä, jotta tutkimuskysymysten vastaukset eivät ole liian kapeakatseisia. Työssä ei käsitellä tarkemmin asiantuntijoiden tekemiä viankorjauksen toimenpiteitä tai verkonhallinnan muihin kuin häiriöiden korjaukseen liittyviä toimintoja.

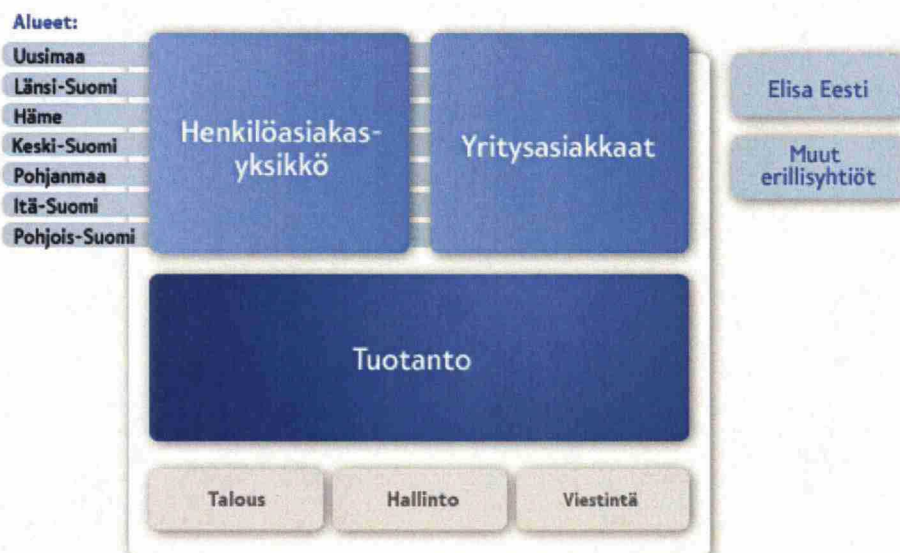


## 1.2 Elisa Oyj

Tämän diplomityön teettäjänä toimi Elisa Oyj, jota voi luonnehtia yhdeksi Pohjoismaiden johtavista viestintäpalvelujen tuottajista. Elisa on toiminut jo vuodesta 1882, jolloin perustettiin Helsingin Telefonian yritys. Elisa on kasvanut vuoteen 2012 mennessä noin 3600 henkilöä palkkaavaksi merkittäväksi matkapuhelin- ja laajakaistayhteyksiä tarjoavaksi yritykseksi, joka omistaa Suomen laajimman 3G-matkapuhelinverkon. [2]

Nykyinen Elisa Oyj koostuu useista ajan mittaa ostetuista pienemmistä yrityksistä. Vuonna 2000 Helsingin Puhelin Oyj fuusioitui HPY Holding Oyj:n kanssa ja yrityksen nimeksi tuli Elisa Communications Oyj. Vuonna 2000 Elisa osti myös kiinteän verkon liiketoimintaa harjoittaneen FinnetCom Oy:n sekä vähemmistö-osuudet Yomi Oyj:stä ja matkapuhelinoperaattori Oy Radiolinja AB:sta. Elisa laajeni vuonna 2001 ostamalla kiinteän verkon operaattorit Soon Communications Oyj:n, Lounet Oy:n ja Riihimäen Puhelin Oy:n. Yomi Oyj fuusioitui Elisan kanssa vuonna 2004 ja vuosien 2000 - 2005 välillä Elisa teki useita osakehankintoja Tikka Communications Oyj:stä. Elisa teki osakeostoksia vuosina 2005 - 2006 Saunalahti Group Oyj:stä ja vuonna 2006 Lounet Oy:stä. Lisäksi Elisa teki useita ostoksia vuosien 2000 ja 2002 välisenä aikana Saksassa toimiviin telekommunikaatio-yrityksiin. [2]

Elisa Oyj on keskeisesti Suomessa toimiva yritys, joka jakautuu kolmeen suureen osioon: henkilöasiakkaisiin, yritysasiakkaisiin ja tuotantoon (kts. Kuva 1). Henkilö- ja yritysasiakassegmentit jakautuvat edelleen seitsemään eri alueeseen sijainnin perusteella. Toimintamallin lisäksi Elisa Oyj:n omistuksessa on erillinen Elisa Eesti sekä omistusosuuksia muista yrityksistä. Elisa määrittelee toimintamallin tavoitteeksi asiakasläheisyyden ja kustannustehokkuuden parantamisen. [2]



Kuva 1. Elisa Oyj toimintamalli. [2]

Elisa palvelee Suomessa ja ulkomailla kokonaisuudessaan noin kahta miljoonaa henkilöasiakasta, noin 150 000 yritysasiakasta ja lisäksi julkishallintoa useilla erilaisilla palveluilla. Vuoden 2011 kolmannella neljänneksellä Elisan matkapuhelin-liittymäkanta rikkoi ensimmäistä kertaa yrityksen historiassa neljän miljoonan matkapuhelinliittymän rajan. Matkapuhelinpuolen kasvua on lisännyt älypuhelimien ja 3G-modeemien käytön yleistyessä kuukausimaksulliset datapalvelut. Vuoden 2011 aikana Elisan laajakaistaliittymien määrä kasvoi myös ja saavutti melkein puolen miljoonan liittymän rajan. Kyseisten palveluiden lisäksi Elisan lanseeraama Elisa Viihde palvelu jatkoi myös vahvaa kasvuaan. [2]

### 1.3 Työn rakenne

Työ jakautuu perinteisesti kahteen eri osaan. Luvuissa 2, 3, 4 ja 5 esitellään diplomityön kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksessa lukijalle esitellään tietoliikenneverkkojen perusmekanismeja verkonhallinnan näkökulmasta, empiirisessä osassa käytettäviä tekniikoita, verkonhallinnan yleisiä toimintoja, Elisan käytössä olevia verkonhallintajärjestelmiä ja tietämyksenhallinnan prosesseja. Empiirinen osa esitellään luvuissa 6, 7, 8, 9, 10, 11 ja 12. Näissä luvuissa esitellään työssä kehitetyt muutokset Elisan automatisoituihin verkonhallintatyökaluihin, muutoksista havaitut tulokset ja jatkokehitysideat.

Kirjallisuuskatsaus alkaa luvusta 2, jossa esitellään verkonhallinnan näkökulmasta tietoliikenneverkkojen standardit, standardiprotokollat, reitittimet, reititysprotokollat, tietoverkon topologia Internet-palveluntarjoajan näkökulmasta sekä erilaisia verkkoliikenteen mittaamenetelmiä. Luvussa 3 käsitellään verkonhallinnan standardia, ITIL:in määrittelemiä verkonhallinnan parhaita käytäntöjä sekä yleisimpiä vikoja tietoliikenneoperaattorin tietoverkossa. Luvussa 4 esitellään tarkemmin työn kannalta tärkeimmät Elisan käytössä olevat verkonhallintajärjestelmät. Luvussa 5 esitellään tietämyksenhallinnan menetelmiä, joita on käytetty hyväksi empiirisessä osassa esiteltyjen muutosten kehityksessä.

Empiirinen osa alkaa luvusta 6, jossa esitellään käytetty tutkimusaineisto, tutkimusmenetelmät, muutosten toteutustapa ja empiirisen osan rakenne. Luvussa 7 esitellään automaattisesti avattavien turhien häiriötikettien vähentämiseen liittyvät muutokset ja luvussa 8 esitellään manuaalisesti avattavien häiriötikettien vähentämiseen liittyvät muutokset. Luvussa 9 esitellään ja analysoidaan luvun 7 muutosten tulokset ja luvussa 10 kuvataan ja analysoidaan luvun 8 muutosten tulokset. Luvussa 11 analysoidaan työn muutosehdotusten tuloksia tavoitteiden ja tutkimuskysymysten kannalta. Luvussa 12 esitellään työn aikana esiin tulleet jatkokehitysideat ja luvussa 13 on koko työn yhteenveto ja pohdinta.



## 2 Tietoliikenneverkot

Tässä luvussa keskitytään kuvailemaan Internetin standardiprotokollat, Internet-palveluntarjoajan (engl. Internet Service Provider, ISP) tietoliikenneverkon rakenne asiakkaasta runkoverkkoon saakka sekä yleisimmät verkon mittaukseen käytettävät menetelmät. Internet koostuu useista yhteenliitetyistä pienemmistä lähiverkoista (engl. Local Area Network, LAN), jotka käyttävät Internet-protokollaa (engl. Internet Protocol, IP) lähiverkkojen väliseen tiedonsiirtoon ja verkkoresurssin pääsynhallinta-protokollaa (engl. Media Access Control, MAC) lähiverkon sisäiseen tiedonsiirtoon. Internet-palveluntarjoajan tietoliikenneverkko koostuu asiakkaiden tietoverkoista, liityntäverkosta ja runkoverkosta. Tietoverkkoliikenteen mittaus voidaan jakaa sekä passiivisiin menetelmiin, joissa mittaus tapahtuu ilman ylimääräisen liikenteen luontia, että aktiivisiin menetelmiin, joissa mittausprosessi luo ylimääräistä kuormaa verkkoon [3].

### 2.1 Internet-standardit ja protokollat

Internet-tekniikan työryhmä (engl. Internet Engineering Task Force, IETF) vastaa Internet-standardien määrittelystä, minkä avulla erilaisia MAC-protokollia käyttävät lähiverkot kykenevät välittämään tietoa toisilleen. IETF on avoin tutkimusyhteisö, jonka tavoitteena on Internetin arkkitehtuurin kehittäminen ja Internetin toiminnan varmistaminen. IETF koostuu verkkosuunnittelijoista, operaattoreista, kauppiaista ja tutkijoista. Työ tapahtuu eri aihealueisiin jaetuissa työryhmissä, jotka tuottavat Internet-standardia eli kommentointi pyyntö dokumentteja (engl. Request For Comments, RFC). [4] IETF:n lisäksi on olemassa useita muita merkittäviä Internetin protokollia standardoivia ryhmiä, kuten Sähkö- ja elektroniikkatekniikan instituutti (engl. Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE), Maailmanlaajuisen verkon liitto (engl. World Wide Web Consortium, W3C) ja Kansainvälisen tietoliikenneunionin tietoliikenteen standardointijaosto (engl. International Telecommunications Union - Telecommunications Standardization Sector, ITU-T).

Internetin toiminnan kannalta merkittävimmät protokollat ovat verkkojen yhdistämisen ja tiedonsiirron mahdollistava IP-protokolla [5], luotettavaa tiedonsiirtoa tarjoava tiedonsiirron hallinnointiprotokolla (engl. Transport Control Protocol, TCP) [6] ja IP-pakettien reitityksen hoitavat reititysprotokollat. TCP- ja IP-protokollat juontavat juurensa vuonna 1974 IEEE:n Cerfin ja Kahnin julkistamaan tiedonsiirron hallinnointiohjelmaan (engl. Transmission Control Program, TCP), joka myöhemmin jaettiin IP- ja TCP-protokolliin [7]. Seuraavissa aliluvuissa kuvaillaan lyhyesti edellä mainittujen protokollien ominaisuuksia.

Tämän luvun tarkoituksena on tutustuttaa lukija tietoverkkoliikenteen perusprotokolliin, joiden toimintojen päälle Internet on rakennettu. Kyseisten menetelmien toiminnallisuuden avulla lukijan on helpompi ymmärtää myöhemmin tässä työssä esiteltäviä ohjelmia, menetelmiä, laitteita ja järjestelmiä.

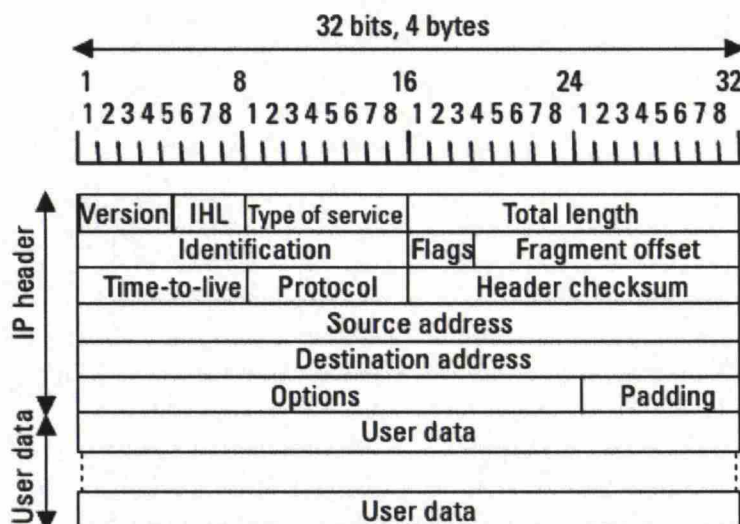
### 2.1.1 IP-protokolla

Internet koostuu suuresta joukosta pienempiä verkkoja, jotka käyttävät erilaisia MAC-protokollia tiedon siirtämiseen verkon sisäisten päätteiden välillä. Jokainen verkon jäsen omistaa oman MAC-osoitteen, jotta lähetettävä tieto voidaan kohdistaa oikeaan kohteeseen. MAC-protokollat toimivat hyvin pienemmissä verkoissa, mutta käyttäjämäärän kasvaessa ongelmaksi muodostuu MAC-protokollien heikko skaalautuvuus. Suurempien käyttäjämäärien liittämiseksi tarvittiin korkeampaa hierarkiatason osoitteistusta, koska siirtoyhteyserroksen algoritmit on suunniteltu suhteellisen pienille verkoille. IP-protokollassa on laaja osoiteavaruus, mikä alun perin mahdollisti jokaisen päätteen ja palvelimen yksikäsitteisen osoittamisen. IP-pohjaisen tietoverkon osoitteistus ja tiedonsiirto skaalautuu hyvin, koska reititystieto kohdeosoitteisiin on hajautettu moneen eri hierarkisen tasoon. IP-paketin lähetyksessä päätteen tarvitse tietää vain oman-, kohteen- ja lähimmän reitittimen IP-osoitteet. Reitittimet huolehtivat tämän jälkeen itsenäisesti IP-pakettien siirrosta eteenpäin kohteelle. [8, p. 309]

IP-protokolla paloittelee ja kapseloi lähetettävän tiedon tiedonsiirrossa tarvittavilla otsikkotiedoilla, minkä avulla reitittimet pystyvät lähettämään IP-paketit vastaanottajalle (kts. Kuva 2). [8, p. 310] IP-paketin otsikkotietojen tärkeimmät kentät ovat 32 bitin kokoiset lähde- (engl. Source Address) ja kohdeosoitteet (engl. Destination Address), jotka määrittelevät lähteen ja kohteen IP-osoitteet. IP-protokollan kuudennessa versiossa IP-osoitteen koko muutettiin 128 bittiin, koska aiempi osoiteavaruus on osoittautunut liian pieneksi. IP-paketin koko voi maksimissaan olla 65535 tavua, mutta tyypillinen paketin koko on alle 1500 tavua johtuen siirtoyhteyserroksella käytetyn Ethernet-tekniikan suurimmasta sallitusta paketin koosta.

IP-paketit eivät vikatilanteissa jää määräämättömäksi ajaksi pyörimään tietoliikenneverkkoon, koska IP-paketin otsikon elinaikakenttä (engl. Time-to-live) määrää suurimman sallitun IP-paketin siirtymien määrän. Elinaikakentän arvoa vähennetään yhdellä aina IP-paketin saapuessa uudelle reitittimelle. [9, p. 13] Elinaikakentänarvon laskiessa nollaan reititin poistaa IP-paketin tietoverkosta ja lähettää lähettäjälle ilmoituksen IP-paketin poistosta.





Kuva 2. IPv4-protokollan otsikkotiedot. [8, p. 310]

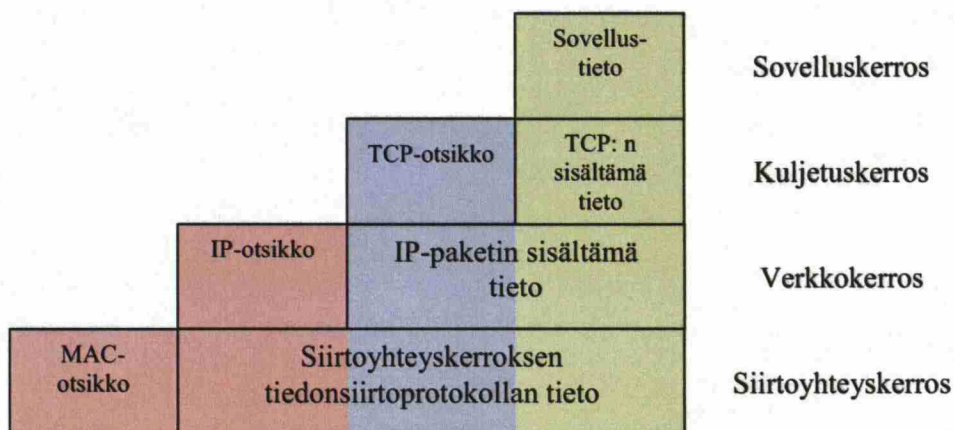
IP-pakettien välitys toimii yhteydettömästi lähettäjältä vastaanottajalle reitillä olevien reitittimien kautta. IP-protokolla käyttää hyväksi alla olevan siirtoyhteyserroksen tiedonsiirtomenetelmiä reitittimien väliseen pakettien siirtoon hoitaen itse reitittimisessä korkeamman tason osoitteistuksen. Reitittimet pitävät yllä reititystaulukoita, joiden avulla ne tietävät, mille reitittimelle tai isäntäkoneelle kukin IP-paketti täytyy seuraavaksi lähettää. [8, p. 306] IP-pakettien tiedonsiirto on luonteeltaan yhteydetöntä ja epäluotettavaa, koska suurin osa logiikasta sijaitsee yhteyden päätelaitteissa ja reitin varrella reitittimet huolehtivat vain paketin ohjaamisesta seuraavaan reitittimeen osoitteen ja reititystaulun perusteella. IP-protokolla tarjoaa paras yritys (engl. Best Effort) luotettavuustasoa, jonka seurauksena lähetetyt paketit voivat joko kadota matkan varrella, saapua väärässä järjestyksessä, saapua monistuneena tai paketin sisältö voi korruptoitua matkalla. Esimerkiksi IETF:n kehittämä tiedonsiirron hallinnointiprotokolla (engl. Transfer Control Protocol) mahdollistaa luotettavan tiedonsiirron lisäämällä enemmän tiedonsiirron hallinnointilogiikkaa lähettäjän ja vastaanottajan päihin.

### 2.1.2 TCP-protokolla

TCP-protokolla on IETF:n kehittämä päästä päähän tiedonsiirto-protokolla, joka tarjoaa käyttäjälle yhteydellisen ja luotettavan tiedonsiirron epäluotettavan ja yhteydettömän IP-pohjaisen tietoverkon yli [8, p. 319]. Yhteydellisessä tiedonsiirrossa lähettäjä ja vastaanottaja sopivat alkavasta tiedonsiirrosta luomalla yhteyden ennen pakettien lähetystä, ja tiedonsiirron loputtua lähettäjän ja vastaanottajan välinen yhteys suljetaan. Luotettavalla tiedonsiirrolla tarkoitetaan sitä, että vastaanottaja saa varmasti kaikki lähetetyt paketit, pakettien sisältämä tieto ei ole korruptoitunutta ja tieto välitetään perille oikeassa järjestyksessä. [10, p. 43] TCP-protokollan lisäksi on olemassa myös käyttäjä datagrammi protokolla (engl. User Datagram Protocol, UDP), joka tarjoaa yhteydetöntä päästä päähän tiedonsiirtoa paras yritys tason luotettavuudella. Tässä

työssä ei käsitellä UDP:ta enempää vaan kuvaillaan ainoastaan TCP:n yleiset ominaisuudet.

TCP/IP-verkon tiedonsiirtojärjestelmää voidaan kuvata TCP/IP-mallilla (kts. Kuva 3), joka jakaa IP-verkkoon liitetyn isännän (engl. host) neljään eri kerrokseen [8, p. 261]. Sovelluskerros (engl. Application Layer) on TCP/IP-mallin ylin taso ja kuvaa isäntäkoneen tiedonsiirtopalvelua käyttävää sovellusta. Kuljetuskerros (engl. Transport Layer) kuvaa lähettäjän ja vastaanottajan välistä tiedonsiirtokerrosta, jossa esimerkiksi TCP:n tai UDP:n avulla lähettäjä ja vastaanottaja kommunikoivat suoraan toisilleen. Verkkokerroksessa (engl. Internet Layer) IP-protokolla mahdollistaa pakettien siirron useiden eri verkkojen yli vastaanottajalle ja siirtoyhteyskerroksessa (engl. Link Layer) siirtoyhteyskerroksen tiedonsiirtoprotokollat mahdollistavat tiedonsiirron kyseisen verkon läpi seuraavalle reitittimelle.



Kuva 3. Sovellustiedon kapsulointi TCP/IP-mallin mukaisissa tasoissa. [8, p. 261]

Sovelluskerroksen ohjelman käyttää tiedon siirtoon TCP-protokollan tiedonsiirtopalvelua. Sovelluksen lähettämä tieto sijoitetaan TCP-segmenttiin (engl. TCP Segment), joka määrittelee erityisesti lähettäjän ja vastaanottajan porttien numerot. TCP-otsikko ei määrittele lähettäjän tai vastaanottajan tarkkaa osoitetta, vaan käyttää tässä hyväkseen alemman tason IP-protokollaa. TCP-protokollan paketit kapseloidaan IP-protokollan otsikkotiedoilla ja lähetetään tietoverkon läpi kohdekoneelle, jossa vastaanottajan IP-protokolla poistaa paketista IP-otsikon ja luovuttaa paketissa olleen TCP-segmentin TCP-protokollalle (kts. Kuva 3). TCP-protokolla pystyy lukemaan saapuneesta TCP-segmentistä vastaanottajan porttinumeron ja siirtää sovellustiedon oikeaan porttiin. Samanlainen kapselointi tapahtuu myös tiedonsiirrossa siirtoyhteyskerroksella, jossa MAC-protokolla kapseloi ja siirtää IP-paketin verkon läpi seuraavalle reitittimelle.

Luotettavan tiedonsiirron mahdollistamiseksi TCP-protokollan täytyy tarkistaa saapuneet segmentit, koska segmenttien siirrossa käytettävä IP-protokolla ei ole luotettava. TCP-protokolla havaitsee korruptoituneet tai kadonneet segmentit ja pyytää lähettäjää lähettämään ne uudelleen. Tämän lisäksi TCP-protokolla järjestee uudelleen väärässä järjestyksessä tulleet segmentit. [8, p. 319] Segmenttien järjestely tehdään otsikosta löytyvällä järjestysnumerolla (engl. Sequence number) ja korruptoituneet segmentit havaitaan vertaamalla otsikossa olevaa tarkistussummaa (engl. Checksum) ja TCP-segmentistä laskettavaa tarkistussummaa toisiinsa. TCP-



protokollan alkuperäisessä mallissa vastaanottaja kuittaa jokaisen vastaanotetun segmentin vastaanotetuksi ja tämän avulla lähettäjä saa tietää tarkalleen mitkä paketit eivät tulleet perille, jotta ne voi lähettää uudelleen.

TCP-protokolla sisältää työkalut vuonhallintaan (engl. Flow Control) ja ruuhkanhallintaan (engl. Congestion Control). Vuonhallinnan tehtävänä on estää lähettäjä lähettämästä vastaanottajalle enempää paketteja kuin vastaanottaja kykenee vastaanottamaan [8, p. 323]. Vastaanottaja määrää TCP-protokollassa suurimman mahdollisen ikkunan koon eli samaan aikaan välitettävänä olevien oktetien määrän. Ruuhkanhallinnan tehtävänä on estää ruuhkauttamasta välitykseen osallistuneita reitittimiä. Huomatessaan kadonneen segmentin lähettäjä vähentää tiedonsiirtonopeutta pienentämällä ikkunan kokoa ja tämän jälkeen aloittaa kasvattamaan tiedonsiirtonopeutta varovaisesti ikkunan kokoa kasvattamalla.

TCP:stä on luotu useita eri versioita, joissa parannetaan esimerkiksi verkon resurssien käyttöä, tietoturvaa tai ruuhkautumistilanteesta selviämistä. Nämä menetelmät ovat kuitenkin työn tutkimusasettelun kannalta liian spesifistä tietoa, joten ne jätetään läpikäymättä. Lisäksi TCP:n yhteyden muodostus sekä tarkempi segmentin kenttien ja kuittausmenettelyn esittely jätetään läpikäymättä.

## 2.2 Reitittimet ja reititysprotokollat

IP-pakettiverkoissa reitittimet ohjaavat ja lähettävät IP-paketteja askel kerrallaan kohti kohdereitintä, joka sijaitsee samassa lähiverkossa kuin kohdeosoite. Reitittimien täytyy tietää osoitteiden sijainti ja niihin johtavat reitit, jotta paketit voidaan ohjata oikeaan osoitteeseen. Reitittimet käyttävät reititysprotokollia reittien muodostukseen. Useat reititysprotokollat välittävät toisilleen tietoa tietoverkon reiteistä, jotta kaikki verkon reitittimet saisivat tarvittavat tiedot pakettien optimaaliseen reititykseen koko verkon alueelle sekä muihin verkkoihin. Useat reititysprotokollat havaitsevat myös verkossa tapahtuvat muutokset automaattisesti ja mukautuvat muutoksiin automaattisesti. Verkossa tapahtuvan muutoksen sattuessa kestää kuitenkin aina jonkin aikaa ennen kuin verkon reititys on jälleen yhtenäisessä ja ristiriidattomassa tilassa ja tästä voi seurata pakettien katoamisia ja myöhästymisiä.

Reitittimet käyttävät reititysprotokollia kommunikoidakseen verkon toisten reitittimien kanssa ja kerätäkseen muilta reitittimiltä verkon tietoja reititystaulujen muodostukseen. Reititystaulun tiedoilla reititysprotokolla määrittelee kunkin kohdeosoiteavaruuden seuraavan siirron osoitteen ja reitittimen sisäisen rajapinnan, joka vastaa pakettien lähetyksestä kyseiseen osoitteeseen. Seuraavan siirron osoite voi olla reititin tai lopullinen kohde. Seuraavan siirron osoite ja rajapinta sijoitetaan reitittimen välitystauluun (engl. Forwarding Table), mitä käytetään paketin saapuessa välitysosoitteen etsimiseen. Paketin saapuessa reititin tarkistaa paketin kohdeosoitteen avulla välitystaulusta rajapinnan ja seuraavan siirron lähetysosoitteen, minkä jälkeen reititin tekee tarvittavat muokkaukset pakettiin ja lähettää sen määrätyn rajapinnan kautta seuraavan kohteeseen. Paketit siirtyvät reitittimiä pitkin eteenpäin, kunnes löytyy reititin, jonka verkossa IP-paketin kohde sijaitsee. [11, p. 84]

Runkoverkossa ja asiakkaiden tiloissa sijaitsevat reitittimet ovat Elisan hallinnoiman tietoliikenneverkon automaattisen häiriöhavainnoinnin valvonnassa. Kyseisten



kohteiden toimintaa pystytään valvomaan erilaisilla mittaustyökaluilla, joista osalla voi valvoa reitittimen päällä oloa ja osalla reitittimen lähettämää liikennettä. Käytetty valvontamenetelmä riippuu usein siitä onko reititin normaalissa tilassa tai onko sen toiminnassa havaittu mahdollisia poikkeavuuksia. Esimerkiksi Ping-ohjelman kaltaista yksinkertaista mittaustyökalua voidaan käyttää normaalitilanteessa koko laitteen toimimattomuuteen johtavien häiriöiden havaitsemiseen ja monipuolisempia verkkoliikennettä kaappaavia ohjelmia voidaan käyttää esimerkiksi jo tunnettujen häiriöiden juurisyiden etsimiseen.

Reitittimet ja reititysprotokolla ovat keskeisessä osassa tietoliikenneverkon toiminnassa ja verkonhallinnassa. Reitittimet ovat yksi keskeisistä valvontakohteista Elisan verkonhallintajärjestelmässä, joten kyseisten laitteiden ja niiden toimintojen esittely on tarpeellista perustietoa lukijan kannalta. Reititysprotokollat esitellään pintapuolisesti, jotta lukijalle selkiytyy reitittimien toiminta ja suurempien loogisten verkkojen välisen reitityksen toteutus.

### 2.2.1 IGP- ja EGP-reititysprotokollat

Reititysprotokollien kannalta Internet jakautuu numeroituihin autonomisiin alueisiin (engl. Autonomous System, AS), joiden sisäisen reitityksen hoitavat sisäiset yhdyskäytäväprotokollat (engl. Interior Gateway Protocol, IGP) ja ulkoisen AS:ien välisen reitityksen toteuttavat ulkoiset yhdyskäytäväprotokollat (engl. Exterior Gateway Protocol, EGP). [12, p. 147] Jako useisiin autonomisiin alueisiin sekä IGP- ja EGP-protokollien käyttöön johtuu IGP:n skaalautumattomuudesta yritysverkkotasoa suurempiin verkkoihin, mihin IGP-protokollia ei alun perin suunniteltukaan käytettäväksi. IGP-protokollat jakautuvat toimintatavan mukaan etäisyysvektoreititysprotokolliin (Distance-vector routing protocol) ja linkintilareititysprotokolliin (engl. Link-state routing protocol). Etäisyysvektoreititysprotokollat eivät tunne koko verkon topologiaa vaan laskevat etäisyydestä etäisyyden eli hyppyjen määrän kohdereitittimiin ja mainostavat näitä naapurireitittimille säännöllisin väliajoin. Linkintilareititysprotokollat pyrkivät tuntemaan koko verkon topologian, josta ne pystyvät laskemaan optimaaliset reitit kaikkiin tietoverkon kohteisiin. Muutoksen havaitessaan linkintilareititysprotokollat mainostavat muuttuneen tilan kaikille verkon reitittimille. Tunnetuin etäisyysvektoreititysprotokolla on reititysinformaatioprotokolla (engl. Routing Information Protocol, RIP) ja tunnetuin linkintilareititysprotokolla on avaa lyhyin reitti ensin protokolla (engl. Open Shortest Path First, OSPF). [11, p. 85]

EGP-protokollista tunnetuimpia ovat Internetin alkuaikoina paljon käytetty samanniminen ulkoinen yhdyskäytäväprotokolla (engl. Exterior Gateway Protocol, EGP) sekä EGP:n korvannut ja defacto-standardiksi muodostunut rajayhdyskäytäväprotokollan (engl. Border Gateway Protocol, BGP) neljäs versio. EGP-protokollien toiminta eroaa IGP-protokollista siten, että EGP-protokollat ottavat reitityksessä huomioon teknisten reunaehtojen lisäksi myös poliittisia ja liiketoiminnallisia näkökulmia. BGP on reittivektorioprotokolla (engl. Path route protocol) ja siinä luodaan reititykseen AS-polkuja, joita seuraamalla voidaan löytää kohde-AS. [11, p. 91]

Reititysprotokollat voivat aiheuttaa monenlaisia häiriöitä, jotka johtuvat erilaisten reititysalgoritmien ominaisuuksista. Esimerkkinä reititysongelmista mainitaan

reitityssilmukat (engl. Routing Loops) ja mustat aukot (engl. Black Holes). Reitityssilmukassa muutamien reitittimien reititystaulut ovat menneet virheelliseen tilaan, minkä seurauksena osa paketeista ohjataan silmukkamalliselle radalle. IP-paketit pyörivät reitityssympyrässä niin kauan kunnes reitittimien reititystaulut päivittyvät oikeiksi tai IP-paketin elinaikakentän arvo laskee noltaan ja IP-paketti tiputetaan pois. Musta aukko syntyy, kun yksi reitin varrella oleva reititin vioittuu siten, että reitin varrella oleva edellinen reititin ei jostain syystä havaitse reitittimen vioittumista. Reititin edellinen reititin lähettää IP-paketteja normaalia reittiä pitkin, mutta kaikki IP-paketit putoavat pois, koska vastaanottava reititin ei ole toiminnassa. Kyseisten reititysongelmien havaitseminen on usein helppoa, koska niiden seurauksena syntyy IP-pakettiliikenteen täydellinen toimimattomuus kyseisellä reitillä. Useissa reititysongelmatyypeissä häiriön havaitseminen on hankalampaa, koska häiriön seurauksena IP-pakettiliikenne ei aina ole täysin poikki vaan sen suorituskyky voi olla vain hieman normaalia alhaisempi tai häiriö voi olla luonteeltaan hetkellinen.

## 2.2.2 MPLS-pakettien ohjaus

Runkoverkon IP-pakettien ohjaamiseen voidaan käyttää myös moniprotokolla leimakytkentää (engl. Multiprotocol Label Switching, MPLS), mikä toimii TCP/IP-mallin siirtoyhteys- ja verkkokerroksessa ohjaten liikennettä verkon reunalla paketteihin asetettujen leimojen mukaan. MPLS-leimalla voidaan kapseloida IP- tai MAC-paketti ja siirtää se ennalta määrättyä leimapolkua (engl. Label Switch Path, LSP) pitkin leimapolun loppuun, josta paketteja ohjataan taas normaaleilla siirtoyhteys- tai verkkokerroksen menetelmillä. MPLS:ää käytetään etenkin runkoverkkoliikenteen ohjaamiseen.

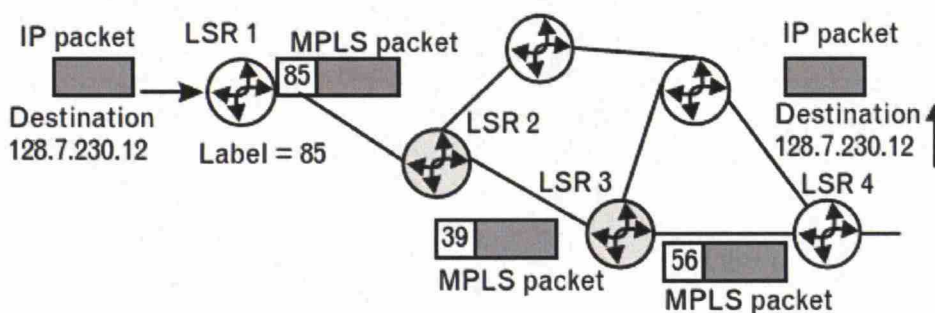
Minoli kuvailee MPLS:n viittä eri hyvää ominaisuutta [13, p. 417]. Ensimmäisenä pakettien välitys yksinkertaistuu, koska reititystaulujen ylläpitoa ei tarvitse tehdä kuin verkon reunalla. Toisena ominaisuutena MPLS mahdollistaa hyvän verkkoliikenteen hallinnoinnin, jonka avulla voidaan tarkkaan hallita liikennevirtojen kulkua tietoverkon läpi. Kolmas ominaisuus on palvelunlaadun ja eriytettyjen palveluiden (engl. Differentiated Services, DiffServ) tuki. Neljäs ominaisuus on hyvä skaalautuvuus käytettäessä hierarkkista ja monitasoista MPLS-verkostoa. Viides hyvä ominaisuus on MAC-paketteja tunneloimalla helposti toteutettava VPN-tuki.

Verkkoliikenteen hallinnointi on yksi MPLS:n tärkeimmistä ominaisuuksista, koska se mahdollistaa pakettiliikennevirtojen reittien ja varareittien eksplisiittisen määrittämisen. [14, p. 1] Tietoverkko-operaattorit voivat käyttää MPLS:ää runkoverkon eri alueiden liikennemäärien tasaamiseen, jonka seurauksena verkon ruuhkautuminen vähenee ja asiakkaiden havaitsema suorituskyky paranee. Lisäksi laitteiden vikaantumisiin ja liikennemäärien muutoksiin reagoimisen tarkka määrittely ja helpompi liikennemäärien ja reittien kuvaaminen auttavat myös laajan alueen verkon (engl. Wide Area Network, WAN) operaattoria.

MPLS kapseloi esimerkiksi IP-paketin numeroidun leiman avulla, mikä tehdään MPLS-verkon reunalla toimivassa tuloleimareitittimessä (engl. Ingress Label Switching Router, ILSR) (kts. Kuva 4). Kun IP-paketin saapuu MPLS-verkon ensimmäiseen reitittimeen eli ILSR:ään tai LSR1:een, se määrittelee IP-paketin kohdeosoitteen perusteella reitin MPLS-verkon läpi verkon etäreunalla olevaan lähtöleimareitittimeen



(engl. Egress Label Switching Router, ELSR). ILSR voi käyttää esimerkiksi BGB:tä oikean ELSR:n löytämiseksi. ILSR:n luoma MPLS-paketti saa numeroidun leiman, joka määrää sen kulkeman reitin. Jokaisessa verkon sisällä olevassa leimareitittimessä (engl. Label Switching Router, LSR) paketin leiman numero vaihdetaan reitin seuraavaa askelta varten. Paketin päästyä MPLS-verkon reunalla olevaan ELSR:ään eli LSR4:ään IP-paketin ympäriltä puretaan pois MPLS-kehys ja IP-paketin reititys jatkuu käyttämällä normaaleja IP-pohjaisia reititysmenetelmiä. [13, p. 414] Reitintä valinta ILSR-reitittimessä voi perustua IP-osoitteen lisäksi myös DiffServ:in määrittämiin palveluluokkiin ja näiden avulla esimerkiksi korkeammalle palvelutasolle luokiteltu liikenne ohjataan nopeampia tai luotettavampia MPLS-polkuja pitkin kuin alemman luokan liikenne [15, p. 80].



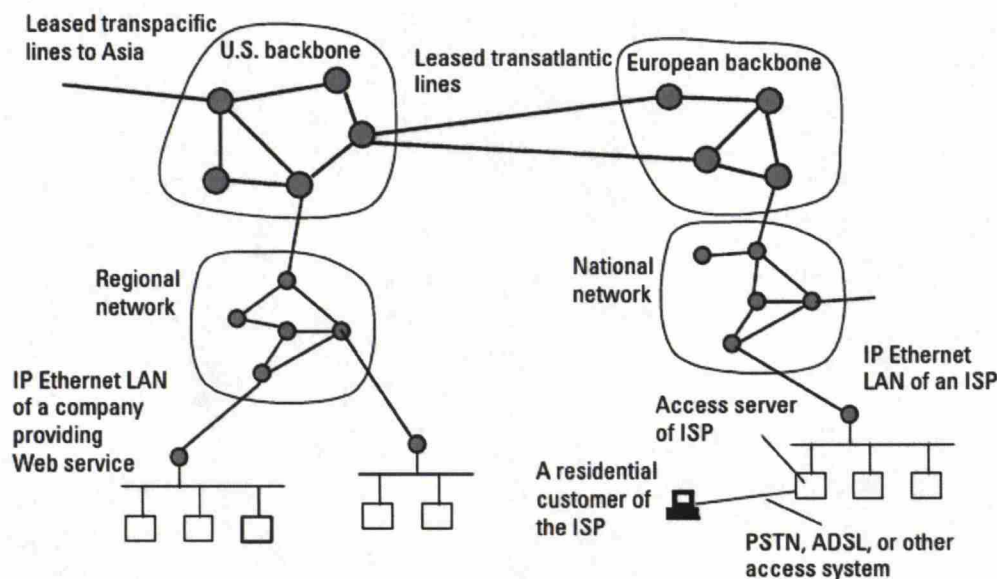
Kuva 4. IP-paketin välitys MPLS:n avulla. [13, p. 415]

MPLS:n käyttämiä ennalta määriteltäviä LSP:tä voidaan valvoa käyttämällä esimerkiksi kaksisuuntaista välityksen havaitsemista (engl. Bidirectional Forwarding Detection, BFD). BFD:n avulla LSP:n vikaantuminen voidaan havaita nopeasti ja vain vähän ylimääräistä liikennettä luomalla, jotta LSP:n tietoliikenne voidaan ohjata uudelleen ennalta määritellylle varalle olevalle LSP:lle. Moniprotokolla leimakytkentäsiirtoprofiili (engl. Multiprotocol Label Switching Transport Profile, MPLS-TP) on MPLS:n paranneltu versio, johon on lisätty BFD-tuen lisäksi tuki myös moniin käyttöön, hallintaan ja ylläpitoon liittyviin toimintoihin.

### 2.3 Verkon topologia

Tietoliikenneoperaattorien tietoliikenneverkot koostuvat asiakas-, liityntä- ja runkoverkoista (kts. Kuva 5). Asiakasverkot ovat asiakkaiden luomia tietoverkkoja ja niiden hallinnointi on täysin asiakkaiden hallussa. Operaattorien hallinnassa olevien liityntäverkkojen avulla asiakasverkot yhdistetään operaattorin runkoverkkoon. Runkoverkon tehtävä on yhdistää toisiinsa eri liityntäverkkoja sekä toisia runkoverkkoja. [8, p. 319]



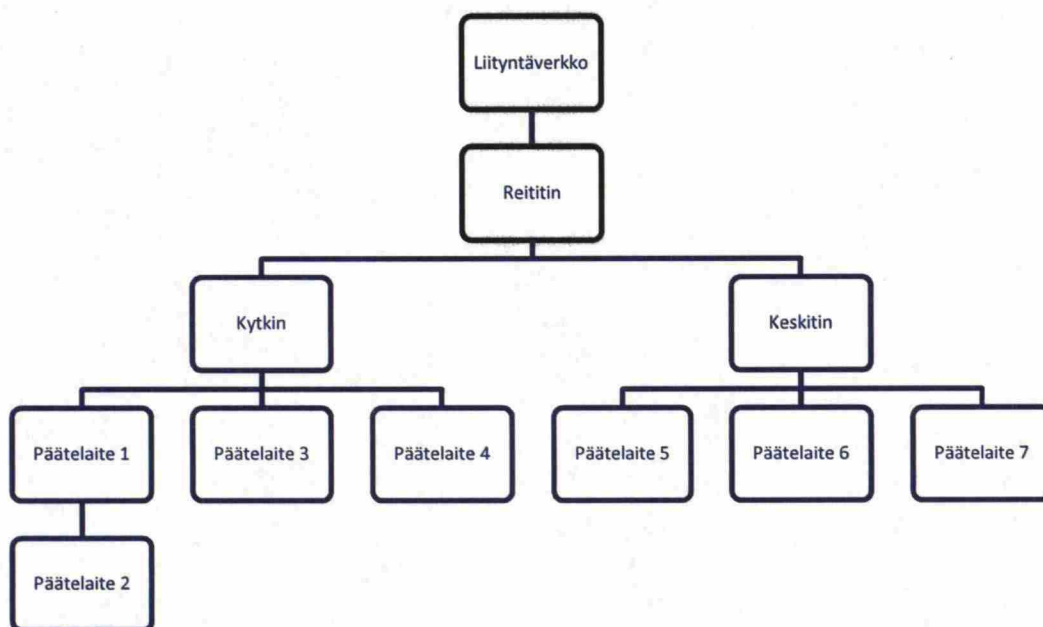


Kuva 5. Internetin hierarkkinen topologia. [8, p. 319]

Verkon topologialuku on työn kannalta ensisijaisen tärkeä, koska tässä luvussa esiteltävät tietoverkot ja liityntäteknologiat ovat työssä keskeisessä asemassa olevan automaattisen viankorjauksen valvonta- ja korjauskohteita. Suurin osa automaattisen viankorjauksen tapahtumista keskittyy asiakasverkkojen ja liityntäverkkojen häiriöiden havaitsemiseen, tunnistamiseen ja korjaamiseen, mutta myös runkoverkosta aiheutuu häiriöitä. Tietoverkon jokainen eri hierarkkinen taso vaatii verknohallinnalta erilaisia erikoismenetelmiä, joten työn tavoitteena tehtävien muutosehdotusten ymmärtämiseksi täytyy ymmärtää myös muutosten kohteina olevien tietoverkkojen erityispiirteitä.

### 2.3.1 Asiakasverkot

Asiakasverkot ovat usein LAN-verkkoja, jotka koostuvat pääsääntöisesti Internet-palveluntarjoajan liityntäverkkoon liitetyistä reitittimistä sekä päätelaitteista, kytkimistä ja keskittimistä. [16, p. 10] Reitittimien ja kytkimien avulla voidaan yhdistää useita eri LAN-verkkoja yhteen (kts. Kuva 6). LAN-verkossa pystyy samaan aikaan lähettämään tietoa vain yksi päätelaite kerrallaan, minkä takia LAN-verkon jakaminen useaan eri LAN-verkkoon on kannattavaa. LAN-verkon jakaminen osiin auttaa tiedonsiirtomäärien kasvattamisessa, koska kytkimen tai reitittimen takana olevissa eri alueissa pystyy lähettämään tietoa samanaikaisesti. Esimerkiksi päätelaitteet 1 ja 3 pystyvät lähettämään tietoa samanaikaisesti, koska ne sijaitsevat eri alueissa kun taas päätelaitteet 1 ja 2 eivät voi lähettää tietoa samaan aikaan, koska ne ovat samassa alueessa.



**Kuva 6. LAN-verkon topologia.**

Liityntäverkkoon kytketty reitin sijaitsee usein asiakas- ja liityntäverkon rajalla, jolloin reitin voidaan mieltää näkökulmasta riippuen LAN- tai WAN-laitteeksi. Reitin mahdollistaa kytkimen tavoin useiden eri LAN-verkkojen yhdistämisen toisiinsa. Kytkimestä poiketen reitin pitää yllä myös TCP/IP-mallin verkkokerroksen osoitetietokantaa, jonka avulla reitin voi tarjota LAN-verkon päätelaitteille tiedonsiirtoreittejä myös LAN-verkon ulkopuolelle. Reitittimen toiminta on kuvattu tarkemmin luvussa 2.2.

Keskitin on yksinkertainen laite, joka toimii TCP/IP-mallin siirtoyhteyshierarkian alapuolella fyysisellä kerroksella. Keskitin välittää yhdestä rajapinnasta sisään tulevan liikenteen ulos kaikista rajapinnoista ilman, että tutkisi välitetyn liikenteen osoitetietoja. Keskitin ei jaa siihen kytkettyjä päätelaitteita eri alueisiin, joten siihen liittyneet päätelaitteet 5, 6 ja 7 eivät pysty lähettämään tietoa samaan aikaan.

Kytkin toimii TCP/IP-mallin siirtoyhteyshierarkian alalla, jolloin MAC-kehiksen kohdeosoite saadaan luettua saapuneesta paketista [16, p. 10]. Kytkimen toimintaperiaate on samankaltainen kuin TCP/IP-mallin verkkokerroksessa sijaitsevilla reitittimillä eli se lukee saapuneesta paketista osoitetiedot ja lähettää paketin eteenpäin välitystaulun määrittämään osoitteeseen. Kytkin luo välitystaulun kuuntelemalla verkon liikennettä ja muodostamalla siitä puumallisen välitystaulun. Kytkimen eri portteihin liitetyt laitteet muodostavat erilliset alueet, joissa toimivat erilliset samanaikaisten lähetyksen estämiseksi luodut törmäyksen estomenetelmät ja eri alueissa sijaitsevien päätelaitteiden samanaikainen lähettäminen on mahdollista.

Asiakkaan lähiverkon laitteista Elisan valvonnassa on usein Elisan tietoverkkoon liitetty reitin sekä reitittimen takana mahdollisesti olevat kytkimet ja langattoman lähiverkon (engl. Wireless Local Area Network, WLAN) tukiasemat. Reitittimien ja kytkimien automaattinen valvonta on toteutettu pääsääntöisesti Ping-ohjelman kaltaista

menetelmää käyttäen ja WLAN-tukiasemien valvonta tapahtuu yksinkertaisen verkonhallintaprotokollan (engl. Simple Network Management Protocol, SNMP) ilmoitusviestien avulla.

Operaattorin toimesta tehtävässä lähiverkon laitteiden valvonnassa luodaan selkeä pullonkaula liityntäverkkoon liitettyyn reitittimeen. Kyseinen yhteys liityntäverkkoon on useilla yritysasiakkailla kahdennettu, jotta häiriötilanteessa tietoliikenneyhteys toimisi normaalisti varareitin kautta. Verkonhallinnan näkökulmasta ongelmaksi muodostuu kahdentamattoman reitittimen vikaantuessa reitittimen takana olevista LAN-laitteista havaittava suuri häiriömäärä, koska kaikki LAN-laitteiden liikenne kulkee vikaantuneen reitittimen kautta. Tällöin kaikki LAN-laitteet havaitaan häiriöityneiksi, vaikka ainoastaan reititin on vikaantunut. Kyseiseen ongelmaan ja sen ratkaisemiseen keskitytään tarkemmin muutosehdotuksissa.

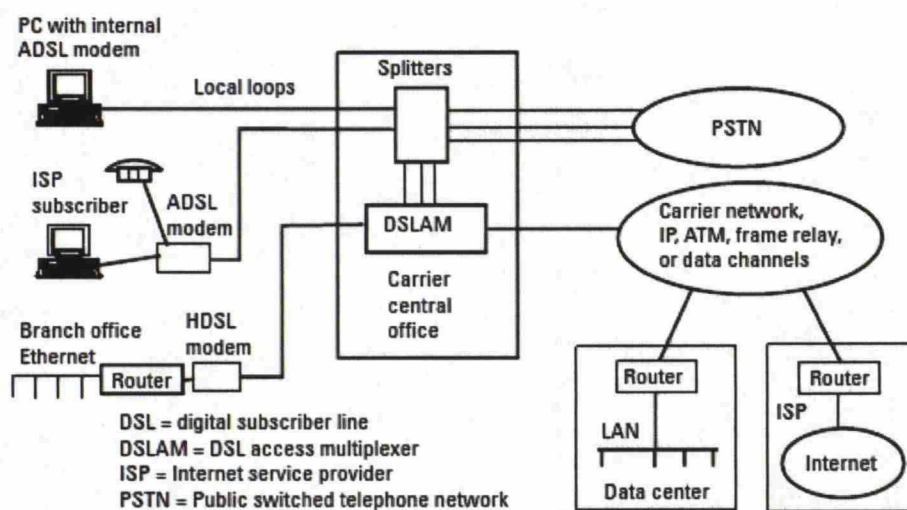
### **2.3.2 Liityntäverkko**

Liityntäverkko yhdistää hajallaan olevat asiakasverkot Internet-palveluntarjoajan tietoverkkoon tarjoten asiakkaille yhteyden Internetiin. Liityntäverkon teknologiat käyttävät usein olemassa olevia asiakkaan tiloihin vedettyjä lankapuhelimen parikaapeleita tai kaapeli-TV:n koaksiaalikaapeleita, mutta yhä useammassa tapauksessa asiakkaalla on käytössä myös tiedonsiirtoa varten asennettu valokuituyhteys. Puhelimen parikaapeleita pitkin kulkevassa tiedonsiirrossa käytetään usein digitaaliseen tilaajalinjaan (engl. Digital Subscriber Line, DSL) perustuvia tekniikoita (kts. Kuva 7) ja kaapeli-TV:n koaksiaalikaapeleissa käytetään kaapelimodeemia (kts. Kuva 8). Valokuidun tapauksessa muutoksia olemassa olevaan järjestelmään ei tarvitse tehdä, koska järjestelmä on suunniteltu pakettipohjaisia tiedonsiirtoyhteyksiä varten.



## DSL-tekniikka

DSL-tekniikan pääkomponentteja ovat asiakkaan tiloissa sijaiseva DSL-modeemi, asiakkaan ja jakamon välinen kierretty parikaapeliyhteys sekä jakamossa sijaitseva digitaalisen tilaajalinjan pääsyn kanavointilaite (engl. Digital Subscriber Line Access Multiplexer, DSLAM) [8, p. 270]. Asiakkaan ja jakamon välisen etäisyyden keskiarvo on yhden ja kahden kilometrin välillä ja maksimietäisyys neljän ja seitsemän kilometrin välillä, johdon paksuudesta riippuen [17, p. 509]. DSL:n tyypistä riippuen palveluntarjoajan jakamossa voi olla puhe- ja tietoliikenteen toisistaan erottava jakaja (engl. Splitter). Esimerkiksi asymmetrinen digitaalinen tilaajalinja (engl. Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL) vaatii analogisen puheen ja tietoliikenteen erottamisen, mutta korkean bittinopeuden digitaalisen tilaajalinjan (engl. High-Bitrate Digital Subscriber Line, HDSL) liikennettä ei tarvitse jakaa, koska se ei sisällä ollenkaan analogista puheliikennettä. DSL-tekniikan suosiota selittää sen halvat käyttöönottokustannukset, koska se hyödyntää olemassa olevia puhelinverkon kuparikaapeliyhteyksiä. Lisäksi DSL-tekniikka ei häiritse olemassa olevaa puheliikennettä [16, p. 16].



Kuva 7. xDSL DSLAM-liityntäverkko. [8, p. 270]

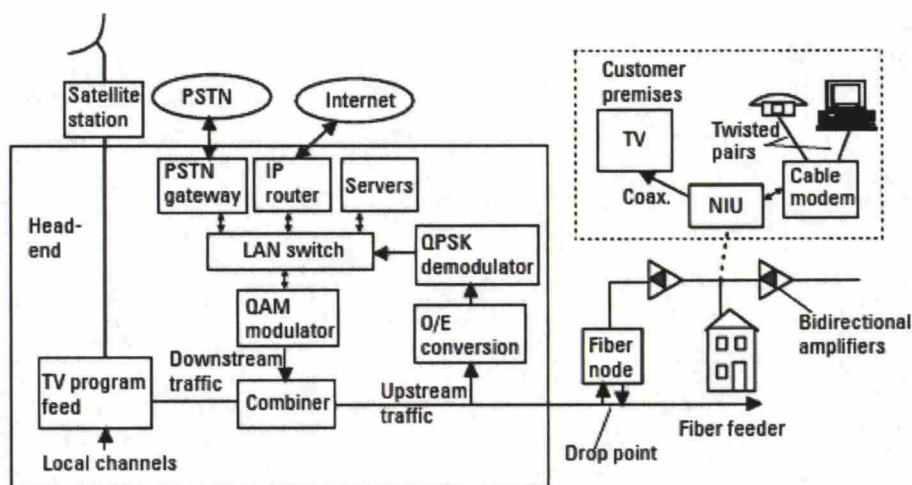
DSLAM:in tehtävä on vastaanottaa usean siihen liitetyn asiakkaan lähettämä DSL-liikenne ja välittää se eteenpäin palveluntarjoajan verkkoon nopeaa tiedonsiirtolinkkiä käyttäen. Asiakkaan liityntäjohto kiinnitetään linjakorttiin, joka liitetään DSLAM:in väylään. Yhdessä linjakortissa on liitynyt usealle asiakaslinjalle ja DSLAM:in väylään voi liittää useita linjakortteja. DSLAM:in väylään liitetään myös yksi tai useampi palveluntarjoajan tietoverkon suuntaan johtava nopea tiedonsiirtolinkkikortti. Monet DSLAM:it kykenevät vastaanottamaan samanaikaisesti useaa eri DSL:n versiota, mikä helpottaa eri DSL-tekniikoiden käyttöä samassa verkossa ja siten tietoverkon suunnittelua. [18, p. 6]

Elisan käytössä on kaksi erilaista Ethernet-pohjaista DSLAM-mallia, joiden suurin eroavaisuus on linjakorttien määrä. Suurempaan DSLAM:iin voi enintään liittää yhteensä 15 linjakorttia ja pienempään 8 linjakorttia. Yhteen linjakorttiin pystyy liittämään enintään 72 DSL-liittymää, joten suurempaan DSLAM:iin voidaan liittää 1080 DSL-liittymää ja pienempään 576 DSL-liittymää. Näin monen asiakasliittymän

keskittimenä toimiessa mahdollisten häiriötilanteiden vaikutukset koskevat pahimmillaan yli tuhatta liittymää ja tämän takia DSLAM:n toimintavarmuuden kehittäminen on tärkeää. [19, p. 25] DSLAM:in häiriötilanteita pyritään automaattisesti valvomaan Ping-ohjelman tyyppisellä menetelmällä.

### Kaapeli-TV

Kaapeli-TV-verkot jakautuvat puhtaisiin koaksiaalikaapeliverkkoihin sekä koaksiaali- ja valokuituhybridiverkkoihin. Tässä työssä keskitytään kehittyneempiin hybridiverkkoihin, koska lähes kaikki kaapeli-TV-verkot on päivitetty käyttämään hybridimallia. [17, p. 510] Hybridikaapeli-TV-verkko koostuu valokuituyhteydestä lähetyspäästä (engl. Head-end) valokuitusolmuun (engl. Fiber node) saakka ja koaksiaalikaapelista valokuitusolmusta asiakkaalle saakka. Kaksisuuntaisen kommunikaation mahdollistamiseksi täytyy kaapeli-TV-verkkoon tehdä muutamia muutoksia (kts. Kuva 8), koska verkko on suunniteltu yksisuuntaista lähetystä varten. [8, p. 277] Lähetyspäähän lisättävän yhdistäjän (engl. Combiner) avulla tietoliikenne lisätään valokuitukaapelissa asiakkaan suuntaan kulkevaan liikenteeseen. Tämän lisäksi lähetyspäähän lisätään kuitukaapelista asiakkaasta poispäin kulkevan liikenteen kaappaaja, optisesta signaalista sähköiseen signaaliin muuntava laite, signaalin moduloinnin poistaja, tietoverkkoyhteyteen tarvittavat LAN-kytkimet, reitittimet, palvelimet ja tarvittaessa lankapuhelinliittynät. Valokuitusolmut ja koaksiaalikaapelin vahvistimet täytyy myös muuttaa kaksisuuntaisiksi ja asiakkaan tiloissa TV-lähetykset ja tiedonsiirtosignaali erotetaan toisistaan, kun asiakas ottaa käyttöönsä kaapeli-modeemin.



Kuva 8. Kaapeli-TV:n tiedonsiirron mahdollistava liittymäverkko. [8, p. 278]

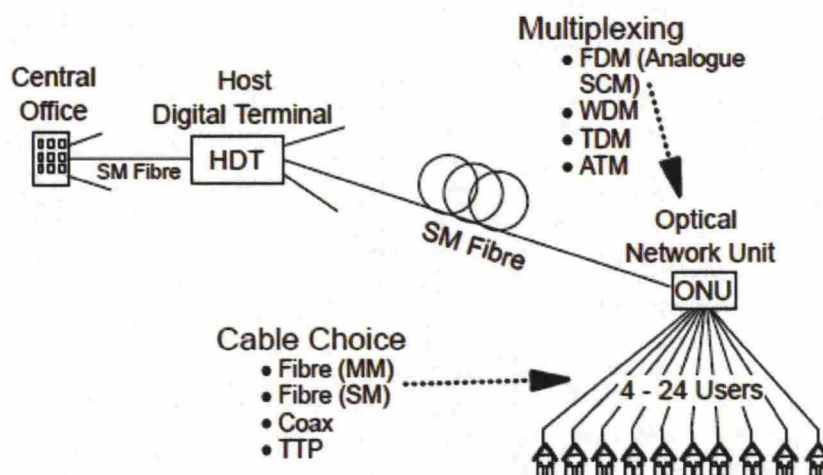
Kaapeli-TV-verkon avulla toteutettu tiedonsiirtoyhteys tarjoaa usein varmemman ja nopeamman yhteyden kuin ADSL-tekniikalla, koska viimeisessä liittymävälissä tiedonsiirtoväylänä toimii ADSL:n kierretyn parikaapelin sijaan paremmin ulkoisilta häiriöiltä suojattu koaksiaalikaapeli. Haittapuolena on kaapeli-TV-verkon rakenteen takia asiakkaiden käyttämän tiedonsiirtokapasiteetin jakaminen, joka voi johtaa tiedonsiirtonopeuksien alenemiseen ruuhkaisessa koaksiaaliliittymäverkossa. [8, p. 279]



## Valokuitu

Valokuituyhteydet ovat suosittuja palveluntarjoajan runkoverkossa, mutta harvinaisempia liittytäväverkossa, koska valokuituyhteydet eivät käytä hyväkseen mitään olemassa olevaa liittytäväverkkotekniikkaa. Valokuitutekniikalla toteutettu liittytäväverkko on tiedonsiirtokapasiteetiltaan ja laadultaan huomattavasti DSL-tekniikoita ja kaapeli-TV-verkkoa käyttäviä tiedonsiirtomenetelmiä parempi, koska käytettävien optisten valokuitukaapelien tiedonsiirto-ominaisuudet ovat DSL:n parikaapelien ja kaapeli-TV:n koaksiaalikaapelien tiedonsiirto-ominaisuuksia huomattavasti parempia. [8, p. 280]

Valokuitukaapelien asennuskustannuksia pyritään vähentämään rajoittamalla kaapelivetojen pituuksia asentamalla valokuitukaapelit vain osan matkaa ja toteuttamalla liittytäväverkon loppumatka käyttämällä valinnanvaraista uutta tai olemassa olevaa kaapeliyhteyttä (kts. Kuva 9) [17, p. 513]. Kun yhteys vedetään naapurustoon, puhutaan termistä valokuitu kadunkulmaan (engl. Fiber-to-the-Curb, FTTC) ja kerrostalon kellariin vedettäessä käytetään termiä valokuitu taloon (engl. Fiber-to-the-Building, FTTB). Kun yhteys vedetään huoneistoon saakka, käytetään termiä valokuitu kotiin (Fiber-to-the-Home, FTTH). [8, p. 280]



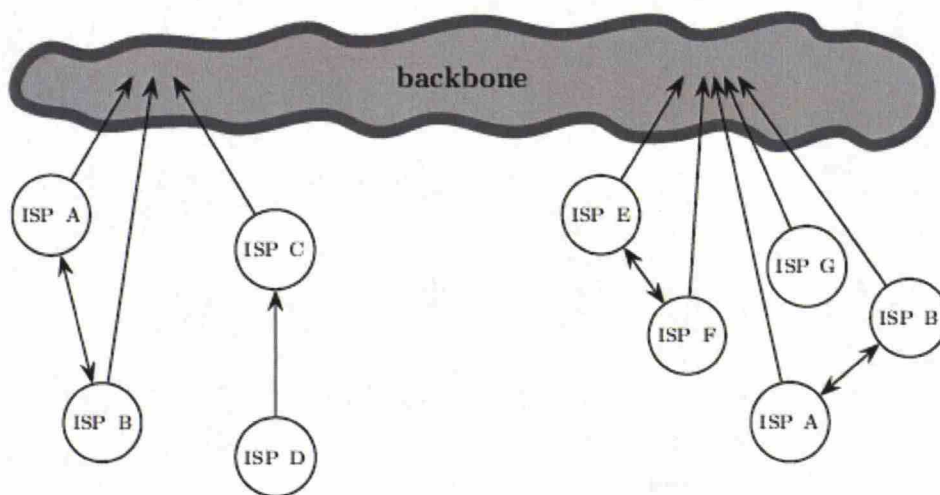
Kuva 9. Valokuitu kadunkulmaan. [17, p. 513]

### 2.3.3 Runkoverkko

Runkoverkon tehtävä on yhdistää Internetin käyttäjät ja verkot yhdeksi suureksi yhdistetyksi verkoksi, [20, p. 1] jonka kautta Internet-tiedonsiirtoliikenne usein kulkee. Esimerkiksi Eurooppalaisen käyttäjän vaatiessa Amerikkalaisen Internet-käyttäjän tietoja, kulkee viesti käyttäjän ISP:n kautta Atlantin ylittävään runkoverkkoon, jonka kautta se saa yhteyden halutun käyttäjän palvelimeen (kts. Kuva 5). Runkoverkon linkit ovat suuren tiedonsiirtokapasiteetin omaavia valokuituyhteyksiä, koska niiden kautta kulkee suuri määrä eri ISP:den verkoista yhdistettyä liikennettä [20, p. 5].

Runkoverkko jakautuu Internet-palveluntarjoajien ja Internetin runkoverkon palveluntarjoajien (engl. Internet Backbone Provider, IBP) verkkoihin (kts. Kuva 10). Yksityisasiakkaat ja yritykset ostavat tietoliikenneyhteyksiä ja muita palveluita ISP:ltä

ja IBP:t tarjoavat erittäin korkeita tiedonsiirtonopeuksia ja pitkän matkan tiedonsiirtopalveluita yhdistäen eri ISP:den verkkoja toisiinsa. ISP:t ostavat IBP:ltä runkoverkon tiedonsiirtokapasiteettia, jotta ne voivat tarjota yksityisasiakkaille ja yrityksille yhteyden Internetiin. [20, p. 1] Palveluntarjoajien hierarkiaa voidaan kuvailla myös eri tasojen avulla. Tasossa yksi (engl. Tier 1) ovat pitkänmatkan runkoverkon IGB:t, tasossa kaksi (engl. Tier 2) suuret ISP:t ja tasossa kolme (engl. Tier 3) pienemmät paikalliset ISP:t.



Kuva 10. ISP:n ja IBP:n topologia. [20, p. 18]

Palveluntarjoajat joutuvat maksamaan tiedonsiirtopalveluista joko tarjoamalla vastapalveluja tai rahaa. Saman tason palveluntarjoajat, esimerkiksi IBP:t, pyrkivät tekemään liikenteen vaihtosopimuksia (engl. Peering agreement), joissa kaikki sopimuksen osapuolet lupaavat välittää kaikkien sopimuksen tahojen tietoliikenteen maksutta. Internetin topologia ei ole täysin hierarkkinen, koska liikenteen vaihtosopimuksia voi syntyä myös muilla tasoilla kuin IBP:en välillä. ISP E luo yhteistyösopimuksen avulla suoran tiedonsiirtoyhteyden ISP F:n kanssa, jonka avulla alemman tason palveluntarjoajien ei tarvitse maksaa keskenäisistä tiedonsiirroista ylemmän tason palveluntarjoajille. Kyseisiä alemman tason liikenteen vaihtosopimuksia voidaan toteuttaa, jos esimerkiksi molemmat ISP:t toimivat samalla alueella jolloin IBP:n tarjoamaa pitkän matkan tiedonsiirtopalvelua ei tarvita. Alemman tason palveluntarjoajat, esimerkiksi ISP G, joutuvat ostamaan IBP:ltä kaikki tiedonsiirtoyhteydet muihin ISP:hin. Myös ISP:t myyvät tiedonsiirtovälityspalveluita toisille alemman tason ISP:lle, esimerkiksi ISP C:n alla toimiva ISP D voi ostaa ISP C:lta tiedonsiirtokapasiteettia IBP:n sijaan. [21, p. 379] Yksityis- ja yritysasiakkaat maksavat siis tiedonsiirtopalveluista ISP:lle ja osa asiakkaiden maksamasta rahasta siirtyy tasoittain aina hierarkian ylimmällä tasolla oleville IBP:eille saakka.

Runkoverkon liikenne esimerkiksi Elisan tietoverkossa toteutetaan käyttämällä MPLS-IP-tunnelointia, missä asiakkaan lähettämät IP-paketit kapseloidaan verkon reunalla MPLS-leimalla, jota käytetään paketin ohjaamiseen määrättyä LSP:tä pitkin verkon läpi. MPLS:n avulla saadaan yksinkertaistettua pakettien ohjausta ja etenkin parannettua tiedonsiirtovirtojen hallinnointia. Tarkemmin MPLS:n toiminnasta kerrottiin luvussa 2.2.2.



## 2.4 Verkon mittaustyökalut

Verkonhallinnan olennaisena osana on verkon liikennemäärien mittaaminen eri pisteissä, jotta saadaan tarvittavat tiedot mahdollisiin verkon liikennevirtojen tai kapasiteetin muutoksiin. Mittaukseen on käytettävissä useita eri menetelmiä, jotka voidaan jakaa passiiviseen ja aktiiviseen liikennemittaukseen. Passiivisessa liikennemittauksessa mittausten otto ei luo tietoverkkoon ylimääräisiä IP-paketteja, kun taas aktiivisessa liikennemittauksessa tarkasteltavaan verkkoon luodaan lisää IP-paketteja mittaustulosten saamiseksi [22, p. 4].

Tässä luvussa keskitytään käsittelemään Ping-menetelmää, SNMP:tä, Syslog-viestejä, Cisco Systems:in kehittämää NetFlow:ta, IETF:n kehittämää verkon etävalvontaa (engl. Remote Network Monitoring, RMON), sFlow.org:in kehittämää sFlow:ta, BFD:tä ja MPLS-TP:tä. SNMP on hyvä esimerkki passiivisesta liikennemittausmenetelmästä ja Ping aktiivisesta liikennemittausmenetelmästä. Lopuksi esitellään hieman Elisan käytössä olevaa häiriöiden mittausjärjestelmää.

Tässä luvussa esitellään yleisellä tasolla muutaman yksinkertaisen ja paljon käytetyn mittaustyökalun sekä muutaman monipuolisemman mittaustyökalun perustoimintoja. Tietoliikennemittauksen perusteiden avulla lukijan on helpompi ymmärtää tutkitussa verkkoympäristössä käytettyjen valvontajärjestelmien toimintoja sekä toimintojen taustalla olevien ilmiöiden perusteita.

### 2.4.1 Ping

Ping-ohjelma on yksikertainen aktiivinen verkonmittaustyökalu, joka käyttää hyväksi Internetin hallinnointiviestiprotokollaa (engl. Internet Control Message Protocol, ICMP). Ping-ohjelma lähettää ICMP-kaikupyyntöviestin tarkastettavaan kohteeseen, joka vastaa lähettäjälle ICMP-kaikuviestillä. ICMP-kaikuviestiin on sijoitettu kaikupyyntöviestin sisältämä tieto, ja osoitekentän lähde- ja kohdekenttien sisältö on vaihdettu toisinpäin. Ping-ohjelma vastaanottaa tarkasteltavan kohteen vastauksen ja laskee pyyntöviestin ja vastauksen välisen ajan. [23]

Ping-ohjelmaa käytetään erityisesti tarkistamaan onko reitti tarkastettavaan kohteeseen kunnossa ja onko tarkastettava kohde saavutettavissa. Ping-ohjelma ei saa reitistä selville muuta kuin edestakaiseen lähetykseen kuluneen ajan ja tarkastettavasta kohteesta ainoastaan sen kyvyn vastata ICMP-viestiin, joten tarkempaa analyysiä reitin varrella olevista reitittimistä tai tarkasteltavasta kohteesta ei voi tehdä. Ping-ohjelmaa käytetäänkin Elisan automaattisessa verkonvalvonnassa tarkasteltavien verkon laitteiden päällä olon varmistamiseen. [23]

### 2.4.2 SNMP

SNMP on yksikertainen passiivinen verkkoliikenteenmittausmenetelmä, joka usein kuvaa neljää verkonhallintastandardia; hallinta-asemaa (engl. Management Station), hallinta-agentia (engl. Management agent), hallintatietokantaa (engl. Management

Information Base, MIB) ja verkonhallinnan yhteyskäytäntöä (engl. Network-management protocol) [23]. Hallinta-asema sisältää mittausten analysointityökaluja sekä verkonhallinnointityökaluja, joilla valvotaan ja ohjataan valvottuja verkon laitteita. Hallinta-agentti on verkossa olevan hallinta-aseman valvoma ja ohjaama laite. Hallintatietokanta sijaitsee hallinta-agentissa ja sisältää tietokannan kyseisen laitteen eri tilatietojen arvoista. Verkonhallinnan yhteyskäytännön avulla hallinta-asemat ja hallinta-agentit yhdistetään toisiinsa.

SNMP-protokollassa on kolme keskeistä perusoperaatiota eli lukeminen (engl. Get), kirjoittaminen (engl. Set) ja ilmoittaminen (engl. Trap). Lukuviesteillä hallinta-asema voi lukea hallinta-agentin MIB:n tietoja ja kirjoitusviesteillä asettaa uuden arvon MIB:n tietokenttään. Hallinta-agentti pystyy julkistamaan ilmoitusviestien avulla hallinta-asemalle verkon tapahtumia. SNMP-operaatioviestit lähetetään käyttämällä UDP:ta, minkä takia SNMP:n täytyy huolehtia mahdollisista pakettien katoamisista. [23]

### 2.4.3 RMON

RMON-etävalvonta on SNMP MIB:n laajennus ja tällä mahdollistetaan liikennevoiden tarkastelu SNMP:n laitekohtaisen tarkastelun sijaan. RMON koostuu kahdesta komponentista, agentista ja asiakkaasta. Agentti sijaitsee verkon laitteissa, esimerkiksi reitittimessä tai kytkimessä, ja tallentaa havaitut verkon tilatiedot omaan RMON MIB:iin. Verkon tilan havainnoimiseksi agenteja täytyy sijoittaa LAN-verkossa jokaiseen alueeseen tai WAN-verkossa tutkittujen reittien tai alueiden jokaiseen linkkiin. Asiakas eli hallinta-asema pyytää agenteilta SNMP:n avulla RMON MIB:n tietoja.

RMON koostuu kahdesta eri IETF:n kehittämästä mallista, RMON 1:stä [24] ja RMON 2:sta [25]. RMON 1:n MIB:in sisältämät tiedot keskittyvät TCP/IP-mallin alimman kerroksen eli siirtoyhteyserroksen ja tämän alla olevan fyysisen kerroksen kuvaamiseen ja RMON 2:n MIB:in tiedot kuvaavat TCP/IP-mallin sovellus-, kuljetus- ja verkkokerroksen tapahtumia.

### 2.4.4 Syslog-viestit

Syslog on muodostunut defacto-standardiksi verkkolaitteiden tilatietojen tallennukseen. Syslog-viestien käyttö on erittäin suosittua, mutta ongelmaksi on muodostunut standardoinnin puute. Eri valmistajien, eri laitteiden ja jopa laitteiden eri ohjelmistoversioiden käyttämät syslog-viestien syntaksit voivat olla erilaisia, joka haittaa syslog-viestitietojen automatisoitua analysointia. IETF pyrki vuonna 2009 julkaistulla RFC 5424 standardilla luomaan yhtenäisen syslog-viestien tiedonkuvausmuodon [26].

Verkon laitteet lähettävät syslog-viestejä määriteltyyn syslog-serveriin, joka tallentaa vastaanotetut viestit. Syslog-viesti sisältää otsikkotietoja ja tietoa laitteen tilasta. Viesti sisältää syslog-viestin lähdetyyppin kuvaavan soveltuvuusnumeron (engl. Facility code), viestin vakavuutta kuvaavan vakavuusnumeron (engl. Severity code), lähettäneen laitteen sisäisen kellon mukaisen viestin luontiajan, lähdeosoitteen ja viestin, joka sisältää viestin luoneen ohjelman nimen ja viestin sisällön.



### 2.4.5 NetFlow

Newflow on Ciscon vuotason analysaattori, joka muodostaa läpikulkevasta pakettiliikenteestä vuotason liikennemalleja. NetFlow määrittelee vuon koostuvan IP-paketeista, joilla on sama lähde- ja kohde-IP-osoitteet, lähde- ja kohdeporttinumerot, verkkokerroksen prototokollan tyyppi, palvelunlaatu ja reitittimen tai kytkimen liitäntä. Vuotiedot sijoitetaan NetFlow välimuistiin (engl. Cache), johon vuon tunnistustietojen lisäksi tallennetaan muun muassa vuon pakettimäärä ja paketin keskimääräinen koko. [27, p. 3]

Vuopohjainen tarkastelumalli luo korkeamman abstraktiotason IP-pakettiliikenteelle, mikä helpottaa liikennevirtojen tarkastelua ja parantaa mittauksen skaalautuvuutta. IP-osoitteiden avulla voidaan määrittää vuon lähettäjä ja vastaanottaja, porttinumeroiden avulla voidaan päätellä liikenteen luonut ohjelma ja palveluluokasta voidaan päätellä liikenteen prioriteetti. Verkkolaitteiden NetFlow-välimuistin tiedot raportoidaan säännöllisin väliajoin NetFlow-kerääjällä, joka kerää useista eri lähteistä vuotiedot ja analysoi niiden sisältämiä tietoja. [27, p. 4]

### 2.4.6 sFlow

SFlow on sFlow.org-yhtymän määrittelemä vuotason liikenteenmittausmenetelmä, joka NetFlow:n tavoin luokittelee liikenteitä voiksi. SFlow on laajasti käytöön otettu standardi, mikä on tuettu useiden eri verkkolaittevalmistajien laitteissa ja verkonhallintajärjestelmissä. [28]

SFlow skaalautuu näytteistysmenetelmän ansiosta jopa 10Gb/s tiedonsiirtonopeuden linkille. Näytteistyksessä jokaista vastaanotettua pakettia ei oteta vuomittauksessa huomioon, mutta sopivan suurta näytteenottotaajuutta käyttämällä saadaan luotua alkuperäistä liikennettä hyvin edustava otos. Verkkolaitte sisältää sFlow-mittauksen toteuttavan sFlow-edustajan, joka lähettää säännöllisin väliajoin sFlow-datagrammin UDP:n välityksellä keskitettyyn sFlow-kerääjään. SFlow-kerääjä hoitaa eri verkkolaitteiden mittaustietojen yhdistämisen ja analysoinnin. [28]

### 2.4.7 BFD

Kaksisuuntainen välityksen havaitseminen eli BFD on IETF:n luoma virheiden havaitsemisprotokolla, joka on tarkoitettu käytettäväksi kahden välittäjän välisellä reitillä. [29, p. 3] Välittäjiksi tässä tapauksessa määritellään rajapinnat, tiedonsiirtolinkki tai koko välittäjä kuten esimerkiksi reitittimen välityspuoli. BFD sijaitsee niin lähellä linkkiä ja tiedonsiirtorajapintaa kuin on mahdollista, jotta voidaan minimoida välitykseen kuluva resurssin määrä. BFD:n tavoitteena on mahdollistaa lyhyt häiriöiden havainnointiviive ja luoda vain vähän ylimääräistä tiedonsiirtoa sekä olla riippumaton muista käytetyistä protokollista ja tiedonsiirtomenetelmistä.

BFD tarjoaa häiriöiden havainnointia minkä tahansa kahden välittäjän välisen reitin varrella. Reitti voi olla mitä tahansa fyysisestä tiedonsiirtolinkistä MPLS:n LSP:hin ja monen hyppäyksen mittaisiin reitteihin. BFD vaatii toimiakseen kuitenkin

paluukanavan, joten yksisuuntaisen linkin valvomiseksi täytyy ottaa käyttöön jokin vaihtoehtoinen paluureitti. Jokaiselle kahden välittäjän väliselle eri reitille tarvitsee luoda oma BFD-sessio, joka avataan ja suljetaan käyttämällä kolmisuuntaista kättelymenetelmää. Välityksessä BFD-viestit kapseloidaan kyseinen tiedonsiirto-menettelmän otsikkotiedoilla, minkä takia BFD toimii minkä tahansa menetelmän kanssa. [29, p. 4]

BFD toimii kahden välittäjän välillä lähettäen säännöllisesti tietyin väliajoin molemminsuuntaisesti BSD-hallinnointiviestejä, joiden molemminsuuntaisen vastaanottamisen perusteella voidaan päätellä reitin olevan kunnossa. Jos toinen välittäjä ei vastaanota tietyssä määritellyssä aikavälissä yhtään BSD-hallinnointiviestiä, oletetaan reitin olevan epäkunnossa. Välittäjät sopivat reittikohtaisesti etukäteen ja reaaliaikaisesti BSD-hallinnointiviestien lähetys-frekvenssin, jonka avulla voidaan toteuttaa nopeampi häiriöiden havainnointi käyttäen suurempaa lähetysfrekvenssiä ja tästä johtuen kulutetaan enemmän reitin resursseja sekä hitaampaa häiriöiden havainnointia käyttäen pienempää lähetysfrekvenssiä ja tästä aiheutuvaa pienempää kuormaa reitille. Lähetysfrekvenssin avulla BFD-protokolla skaalautuu hyvin resursseiltaan hitaampien sekä nopeampien reittien ja välittäjien tarpeisiin. [29, p. 5]

BFD:ssä on kaksi eri toimintamallia: asynkroninen malli (engl. Asynchronous model) ja pyyntömalli (engl. Demand model). Näiden lisäksi molemmissa malleissa voidaan käyttää kaiku-toimintoa. [29, p. 6] Asynkroninen malli vastaa edellä kuvattua perusmallia, jossa välittäjät lähettävät tietyin väliajoin toisilleen BFD-hallinnointiviestejä. Pyyntömallissa oletetaan, että välittäjällä on oma menetelmä havaita onko reitti kunnossa vai ei, minkä takia BFD-hallinnointiviestejä ei tarvitse lähettää säännöllisin väliajoin. Pyyntömalli voidaan käynnistää normaalin kolminkertaisen kättelyprosessin jälkeen lähettämällä pyyntömallin aloituspyyntö-viesti. Tämän jälkeen välittäjät voivat halutessaan lähettää BFD-hallinnointiviestejä tarkistaakseen onko reitti toiminnassa, minkä jälkeen molemmat välittäjät hiljenevät.

Molemmissa toimintamalleissa toimivassa kaikutoiminnossa välittäjä lähettää toiselle välittäjälle BFD-kaikuviestivirran, jonka vastaanottava välittäjä lähettää takaisin paluukanavaa pitkin. Reitti määritellään toimimattomaksi, jos takaisin tulleesta kaikuviestivirrasta puuttuu tiettyä määriteltyä lukumäärää enemmän viestejä. Asynkronisessa mallissa kaikuviestit korvaavat osittain hallinnointiviestien toimintaa, joten lähetettävien hallinnointiviestien määrää voi vähentää. Pyyntömallissa kaikuviestit korvaavat kokonaan hallinnointiviestien tehtävän, minkä takia hallinnointiviestejä ei tarvitse tällöin ollenkaan. [29, p. 6]

Asynkroninen malli vaatii noin puolet siitä pakettimäärästä mitä kaikutoiminto tarjotakseen saman havainnointiajan. Kaikutoiminnon hyvänä puolena on reitin tarkempi testaaminen, minkä avulla voidaan vähentää viiveen vaihtelua ja pienentää entisestään havaintoaikaa. Pyyntömallin etuna on vähäinen lisäliikennemäärä, jonka takia sitä tulee käyttää sellaisissa tilanteissa, jossa asynkronisen mallin tasavälein lähetetyt viesti kuormittavat verkkoa liialti. [29, p. 6]



## 2.4.8 MPLS-TP

Moniprotokolla leimakytkentä-siirtoprofiili eli MPLS-TP on IETF:n ja ITU-T:n yhteistyönä kehittämä siirtoprofiili MPLS:ään ja tämän lähtökohtana oli luoda yksinkertaisempi versio MPLS:stä, mikä sopisi MPLS:n perusversiota paremmin operaattorien tiedonsiirtoverkkojen tiedonvälitykseen. Tämän työn kannalta merkittävin uudistus MPLS-TP:ssä on ominaisuus havaita polkupohjaisesti häiriötilanteita, mitä kutsutaan käyttö-, hallinta- ja ylläpito- (engl. Operations, Administration and Maintenance, OAM) suojausmekanismeiksi [30, p. 1].

OAM-ominaisuudet ovat tärkeitä operaattoriverkkotoiminnan kannalta, koska ne tarjoavat häiriöiden hallinnoinnin ja suorituskyvyn valvonnan kuljetus- ja sovelluskerroksella, jotta operaattorit voivat esimerkiksi parantaa SLA-viankorjausaikojen onnistumisprosenttia ja vähentää siitä johtuvia kustannuksia. MPLS-TP:n OAM-ratkaisut käyttävät hyväkseen aiempia MPLS toteutuksia ja toimivat aiempien MPLS:n OAM-toteutusten kanssa. MPLS-TP:n OAM menetelmät perustuvat IETF:n RFC 4379:ssä määritettyyn LSP-Pingiin ja luvussa 2.4.7 esiteltyyn BFD:een sekä ITU-T:n Y.1731:ssä määrittelemään Ethernetin OAM-työkaluihin. [31, p. 4]

MPLS-TP:n OAM sisältää yhdeksän eri menetelmää. [31, p. 8] Ensimmäinen menetelmä on luvussa 2.4.7 esitelty BFD:n kaltainen yhteyden tilan mittaus. Toinen toiminto on BFD:n mukana esitelty etävianosoitus (engl. Remote Defect Indication, RDI), jonka avulla reitin päätepiste pystyy raportoimaan reitillä havaitusta viasta. Kolmas määritelty menetelmä on reitin jäljitys (engl. Route Tracing), jonka avulla päätepiste pystyy havaitsemaan reitin varrella olevat muut välipisteet ja toisen päätepuolelle. Neljäntenä toimintona olevan hälytysilmoituksen (engl. Alarm Reporting) avulla reitin varrella olevat välipisteet voivat ilmoittaa päätepuolelle havaitsemistaan välipisteiden häiriöistä. Viides toimenpide on lukituskäsky (engl. Lock Instruct), jolla voidaan lukita kahden päätepuolelle välinen LSP. Kuudes OAM-menetelmä on lukitusilmoitus, jonka avulla välipisteet voivat ilmoittaa päätepuolelle havaitsemistaan reitin lukituksista. Seitsemäs toiminto on diagnoosin suorittaminen (engl. Diagnostics), jonka avulla saadaan tietää tietoliikennekaistan läpäisy ja kytkettyä päälle luvussa 2.4.7 esitelty kaikutoiminnon kaltainen menetelmä, jolla voidaan käskä kohteen lähettää kopio kaikesta vastaanottamasta liikenteestä paluukanavaa pitkin takaisin lähettäjälle. Kahdeksas toiminto on pakettihukan määrittely. Yhdeksäs eli viimeinen menetelmä on paketin viiveen määrittely, jolla voi laskea paketin lähetykseen kuluneen ajan reitin päätepuolesta toiseen tai edestakaisen ajan päätepuolesta toiseen ja paluureittiä pitkin takaisin lähettäjälle. Näiden menetelmien avulla MPLS-TP:tä voi käyttää tehokkaammin esimerkiksi laajassa operaattorin tietoliikenneverkossa ja lisäksi liikenteen ominaisuuksia ja reittejä pystyy analysoimaan ja muokkaamaan tehokkaammin.

## 2.4.9 Elisan mittausjärjestelmä

Elisan yritysverkkoasiakkaiden liittymämittauksia varten käytössä on automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä, joka valvoo verkossa olevia asiakkaiden laitteita käyttämällä pääasiassa luvussa 2.4.1 esiteltyä Ping-ohjelman tyyppistä menetelmää.

Ping-viestien avulla automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä saa tietää vastaako kyseinen laite pyyntöihin. Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä saa valvottavien asiakkaiden laitteiden, esimerkiksi reitittimien ja kytkimien, listan erillisestä tietokannasta. Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä käyttää myös esimerkiksi luvussa 2.4.2 kuvattuja SNMP:n ilmoitusviestejä hyväkseen valvottaessa sellaisia laitteita, joita ei pysty liittämään tavalliseen Ping-tyyppiseen valvontaan. Kyseisiä laitteita ovat esimerkiksi asiakkaan LAN-verkossa sijaitsevat WLAN-tukisemat.



### 3 Verkonhallinta ja viankorjaus

Tässä luvussa keskitytään kuvaamaan verkonhallintaprosesseja erityisesti vianhallintaprosessin sekä viankorjausprosessin osalta. Keskeisessä roolissa luvun kuvauksessa on Elisan verkonhallinnassakin käytetty ITIL-malli. Luvun lopussa esitellään myös yleisimmät verkon ongelmatapahtumat ja niiden vaikutukset.

#### 3.1 Verkonhallinta

Verkonhallinta voidaan ITU-T:n M.3400 ehdotuksen mukaan jakaa viiteen eri hallinta-alueeseen: vikojen, kokoonpanon, käytön kirjanpidon, suorituskyvyn ja turvallisuuden hallintaan (engl. Fault, Configuration, Accounting, Performance and Security, FCAPS) [1]. Tässä luvussa esitellään kyseisen FCAPS-mallin hallinta-alueet, mutta myöhemmissä luvuissa keskitytään käsittelemään tarkemmin diplomityön aiheeseen liittyvää vikojen hallintaa.

ITU-T:n M.3400 ehdotuksen esittelyn avulla luodaan kokonaiskuva verkonhallinnasta, jonka avulla varmistetaan, että työn tulokset ottavat huomioon koko verkonhallintaprosessin. Tällöin voidaan estää empiirisessä osassa luomasta liian kapeakatseisia ratkaisuja, jotka muutoskohteen häiriönkorjauksen parannuksen lisäksi haitattaavat huomaamatta jotain toista verkonhallinnan osa-alueita. Lisäksi kokonaiskuvan hahmottaminen avulla on helpompaa löytää muutoskohteita.

##### 3.1.1 Vikojen hallinta

ITU-T:n määritelmän mukaan vikojen hallinta on yksi viidestä keskeisestä verkonhallinnan tehtävistä [1]. Vikojen hallinnassa määritellään verkon luotettavuus, saatavuus ja selviytyvyys (engl. Reliability, Availability and Survivability, RAS), verkossa tapahtuvien vikojen valvominen, vikojen sijaintien määrittäminen verkossa, vikojen korjaaminen, verkon testaus ja häiriöiden hallinnointi.

RAS-mittarin avulla voidaan kuvata verkon vikasietoisuutta ja vikatilanteiden määriä ja sitä voi käyttää verkon toiminnan parantamisen mittarina. Vikojen valvomisen avulla pyritään havaitsemaan valvotussa verkossa tapahtuvat viat lähes reaaliaikaisesti ja sijainnin määrittelyllä voidaan tarkentaa vian tapahtumipaikkatietoja. Vian korjauksen tehtävänä on korjata havaitut viat verkosta ja hallinnoida vikatilanteissa vararesurssien toimintaa. Verkon testauksen avulla voidaan mitata verkon eri resurssien suorituskykyä ja sen avulla voidaan testata viankorjauksen onnistuminen. Häiriöiden hallinnoinnissa vastaanotetaan häiriötikettejä asiakkailta ja automaattisista järjestelmistä, tehdään häiriön tarkastustoimenpiteitä, ohjataan häiriötikettien avulla vikojen korjausta ja lopuksi suljetaan häiriötikettejä.

### 3.1.2 Kokoonpanon hallinta

Kokoonpanon hallinta on toinen FCAPS-mallin osa-alueista ja siihen liittyy viisi keskeistä vastuualuetta. Ensimmäisenä vastuutehtävänä on verkon suunnittelu ja toisena asennustoimenpiteet. Kolmas aihealue koskee palveluiden suunnittelua ja verkkoa käyttävien asiakkaiden kanssa tehtäviä neuvotteluja palveluista. Neljäs toimenpide on verkkolaitteiden varustaminen mitä seuraa viidentenä tehtävänä verkkolaitteiden tilankyselyt ja ohjaukset. [1]

Verkon suunnittelun vastuulla on verkon kapasiteetin lisäystarpeen arvioiminen sekä uusien teknologioiden käyttöönoton määrittäminen. Asennustoimenpiteiden vastuulla on uusien verkkolaitteiden asentaminen järjestelmään sekä verkkolaitteiden poistaminen järjestelmästä. Palveluiden suunnittelussa määritellään uudet verkkoon lisättävät palvelut, muokataan olemassa olevia palveluita sekä poistetaan palveluita käytöstä. Palveluiden suunnittelussa neuvotellaan myös asiakkaiden kanssa kytkettävistä palveluista. Verkkolaitteiden varustaminen on vastuussa asennus-toimenpiteiden toteutumisen jälkeisistä verkkolaitteiden asetusten määrittelystä ja tukiohjelmien asentamisesta, minkä avulla verkkolaitteet voidaan ottaa käyttöön. Verkkolaitteiden tilakyselyiden ja ohjauksien avulla voidaan saada tietoon verkkolaitteiden toimintatilat ja tehdä muutoksia näiden toimintaan. Vikatilanteissa voidaan esimerkiksi ajaa verkkolaitteisiin vanhat asetukset takaisin, jotta verkkolaitte saadaan takaisin normaaliin toimintatilaan.

### 3.1.3 Käytön kirjanpidon hallinta

Käytön kirjanpidon hallinta on ITU-T:n mallin kolmas osio ja sisältää neljä eri päätoimintoa. Ensimmäisenä tehtävänä on verkon käyttäjien muodostamien liikennemäärien mittaaminen ja toisena tehtävänä on kulukorvausten määrittäminen. Kolmantena toiminta-alueena on laskutus ja neljäntenä tehtävänä on yritystoimintojen hallinnointi. [1]

Liikennemäärien mittauksessa mitataan asiakaskohtaisesti käytettyjen palveluiden tuottamia liikennemääriä usein lähes reaaliajassa. Mittauskohteita on usein suuri määrä ja mitattuja liikennemääriä käytetään laskutuksessa, minkä takia mittausmenetelmien pitää olla hyvin skaalautuvia sekä luotettavia. Kulukorvausten määrittämisen vastuulla on erilaisten palveluiden ja palveluluokkien hinnoittelun määrittely. Laskutuksen tehtävänä on laskujen lähetys asiakkaille, palveluiden käyttömäärien ilmoitus asiakkaalle sekä maksujen vastaanottaminen ja valvonta. Yritystoimintojen hallinnoinnin vastuulla ovat mitattujen liikennemäärien välittäminen yrityksen sisällä.

### 3.1.4 Suorituskyvyn hallinta

Suorituskyvyn hallinta on FCAPS-mallin neljäs osio ja sisältää neljä eri pääaihealuetta. Ensimmäinen aihe on suorituskyvyn laatumittarin määrittäminen ja toinen toiminto on suorituskyvyn valvonta. Kolmantena tehtävänä on suorituskyvyn käsittely ja neljäs aihealue koskee suorituskyvyn analysointia. [1]



Suorituskyvyn laatumittareiden laatimisen avulla verkon suorituskykyä voidaan mitata ja sitä voi käyttää muutostöiden onnistumisen mittarina. Suorituskyvyn valvonnalla tarkkaillaan sellaisia vikatilanteita, joista seuraa suorituskyvyn alenemista. Suorituskyvyn alenemista ei havaita vikojen hallinnassa, minkä takia suorituskyvyn valvonta on tärkeä lisä vikojen valvonnassa. Suorituskyvyn käsittelyssä suorituskykymittausten ja liikennemäärien avulla voidaan muokata verkon liikenteen reititystä, jotta suorituskykyä saataisiin parannettua. Suorituskyvyn analysoinnin vastuulla on suorituskykymittausten tarvittaessa tehtävä lisäprosessointi, jonka avulla voidaan saada tarkempia analyysejä suoritustehoista.

### 3.1.5 Turvallisuuden hallinta

Turvallisuuden hallinta on FCAPS-mallin viimeinen osio ja sisältää yhteensä neljä eri aihekokonaisuutta. Ensimmäinen toiminto on estäminen ja toinen tehtävä havaitseminen. Kolmas aihealue on eristäminen ja palauttaminen sekä neljäs toimenpidealue on turvallisuuden hallinnointi. [1]

Estämisen tavoitteena on estää mahdollisten turvallisuushkien pääsy verkkoon ja havaitsemisen tehtävänä on havaita verkkoon päässeet turvallisuushat. Eristämisen ja palauttamisen vastuulla ovat havaitun turvallisuushan pysäyttäminen ja poistaminen verkosta, turvallisuushan tekemien tuhojen korjaaminen sekä tuhojen aiheuttamien menetysten korvaaminen. Turvallisuuden hallinnointi suunnittelee tietoverkossa käytettävät turvallisuusmenetelmät.

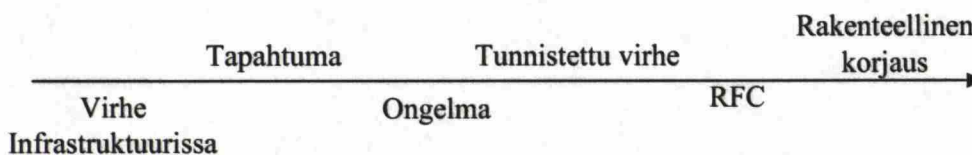
### 3.2 ITIL-malli

ITIL-malli sisältää IT-palvelunhallinnan parhaita käytäntöjä, joita on kehitetty vuonna 1989 julkaistusta ITIL:in ensimmäisestä osasta lähtien tähän päivään saakka. Nyt käytössä on ITIL:n kolmas versio. ITIL:n ohjeet on toteutettu prosessimaisesti ja se jakaa palvelunhallintaprosessit kahteen osioon: palvelun tuki ja palvelun toimitus. Palvelun tukeen kuuluu tapahtuman-, ongelman-, konfiguraation-, muutoksen- ja jakelunhallinnan prosessit sekä palvelupistetoiminto. Palvelun toimitukseen kuuluu palvelutason-, kapasiteetin-, jatkuvuuden- ja saatavuudenhallinta sekä IT-taloushallinto. [32, p. 5] Tässä luvussa keskitytään vianhallintaan liittyvään ITIL:n tapahtuman- ja ongelmanhallintaan.

ITIL-malli määrittelee useita keskeisiä termejä, jotka ovat prosessien määrittelyn kannalta keskeisiä. **Tapahtumalla eli häiriöllä tai insidentillä** (engl. Incident) tarkoitetaan normaalista toiminnasta poikkeavaa tapahtumaa, joka voi vaikuttaa palvelun laatuun [32, p. 15]. **Ongelma** (engl. Problem) on yhden tai useamman tapahtuman aiheuttaja, jota ei vielä tunneta. Ongelman aiheuttajan havaitsemisen jälkeen ongelmaa kutsutaan tunnistetuksi **virheeksi** (engl. Error). **Vika** (engl. Fault) on toimintahäiriön syy ja se ilmenee verkossa yhtenä tai useampana virheenä. Yksi vika voi aiheuttaa toisen vian, joten viankorjauksessa on tärkeää löytää se vika, joka aloitti vikatilanneketjun. Tätä ensimmäistä vikaa kutsutaan **juurisyyksi** (engl. root cause). Kätker [33, p. 112] määritteli iteratiivisen vian juurisyyn etsimiseksi termin vian eristäminen (engl. Fault Isolation), jossa tapahtumien korrelaation perusteella pyritään

löytämään vian juurisyy. Vian juurisyyn löytyminen vaatii Kätkerin mukaan usein huomattavia työ- ja rahamääriä.

Tapauksen käsittely on ITIL-mallissa esitelty aikajanassa virheen syntymisestä korjaukseen saakka (kts. Kuva 11). Prosessi alkaa virheen syntymisestä infrastruktuurissa, mistä seuraa yksi tai useampia tapahtumia eli häiriöitä. Nämä häiriöt havaitaan viankorjauksessa ja niistä tehdään häiriötiketit, jotta ne otettaisiin viankorjauksen käsittelyyn. Tapahtuma tai tapahtumat johtuvat ongelmasta, jonka viankorjaus yrittää selvittää. Viankorjauksen löytäessä ongelman syyn muuttuu ongelma tunnistetuksi virheeksi. Tunnistettujen virheiden perusteella tehtävällä analyysillä voidaan löytää vika eli toimintahäiriön syy. Viankorjauksen seuraavana tehtävänä on varmistaa, onko kyseinen vika juurisyyvika vai juurisyyviasta johtuva sekundääriinen vika. Viankorjauksen on tärkeää löytää vian juurisyy, koska korjaamalla ainoastaan sekundäärisiä vikoja ei saada korjattua vian alkuperäistä lähdeä. Epäonnistuneen juurisyyanalyysin seurauksena tapahtuu usein vikatilanteen uusiutuminen, jolloin viankorjaus on epäonnistunut. Juurisyyanalyysi on iteratiivinen prosessi, jossa edetään askel kerrallaan kohti juurisyitä. Juurisyyn löydyttyä viankorjaus luo muutospyyntö (engl. Request for Change, RFC), jossa määritellään juurisyyvian korjaussuunnitelma tai väliaikainen korjaustoimenpide. Viimeisenä toimenpiteenä RFC:n korjaussuunnitelma toteutetaan ja tämän seurauksena vika saadaan korjattua. [32, p. 17]



Kuva 11. Tapauksen käsittelyn kulku virheestä korjaukseen. [32, p. 17]

ITIL:in tapahtuman- ja ongelmanhallintakuvauksilla työssä pyritään mallintamaan vianhallintaprosessia, jonka avulla pyritään varmistamaan, että työn muutos-ehdotukset parantavat ja tukevat koko vianhallintaprosessia. ITIL:in mallien avulla muutostöiden hyödyt pyritään kohdentamaan keskeisiin toimintoihin ilman, että prosessia hidastetaan.

### 3.2.1 Tapahtumanhallinta

ITIL:in tapahtumanhallinta (engl. Incident management) pyrkii käsittelemään tapahtumia eli häiriöitä mahdollisimman tehokkaasti, jotta toiminta palaa normaaliksi mahdollisimman nopeasti. ITIL:in on luonut kaavio, jossa esitellään tapahtumanhallintaprosessi (kts. Kuva 12). Määritellyn tapahtumanhallinnan avulla voidaan varmistaa tukiresurssien käyttö tarvittavissa tilanteissa, tapahtuma-tietokantojen systemaattinen ylläpito ja systemaattinen häiriöiden käsittelytapa. [32, p. 15]

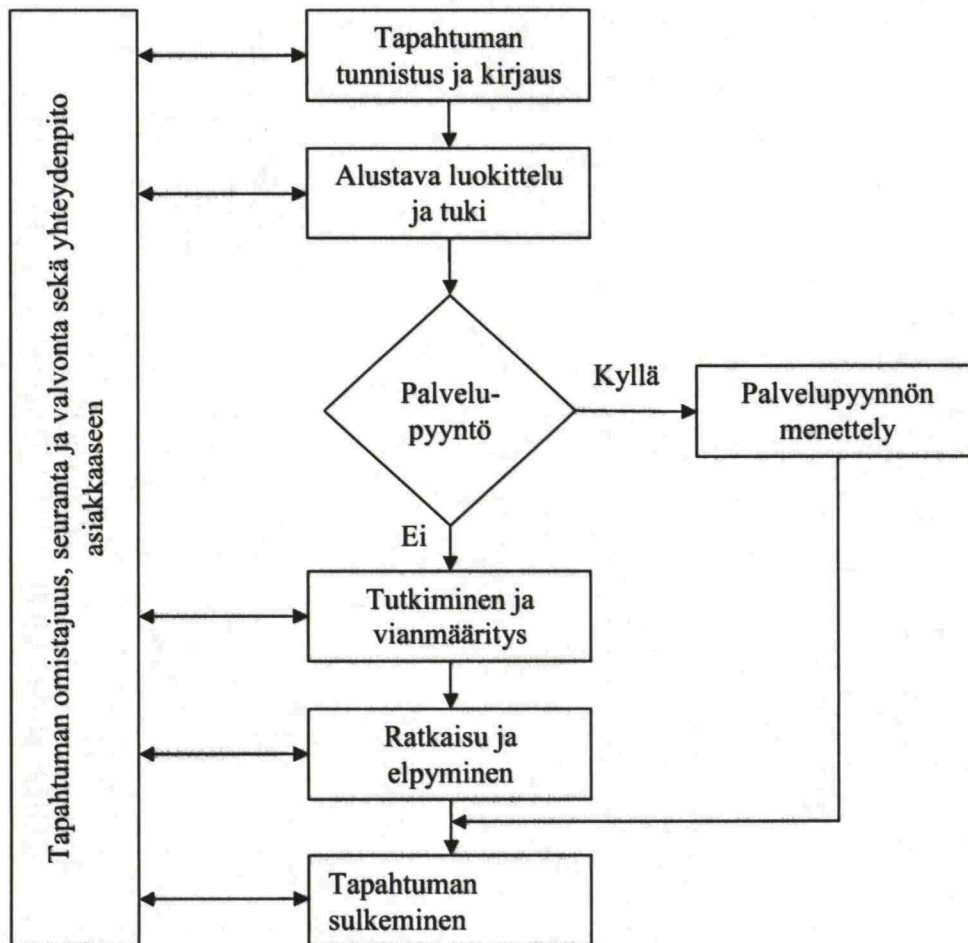
Palvelupisteen tukiprosessit ovat keskeisessä osassa tapahtumanhallintaa läpi koko tapahtumanhallintaprosessin. Palvelupisteen tukiprosesseihin kuuluu tapahtuman omistajuuden, seurauksen ja valvonnan määrittely sekä kommunikaatio asiakkaan kanssa. Palvelupisteen toimesta tehtävä tapahtuman omistajuus, seuranta ja valvonta takaavat sen, että häiriö ei unohdu mihinkään vaan häiriölle on määrätty aina omistaja. Lisäksi häiriön käsittelyä seurataan ja valvotaan läpi sen elinkaaren. Asiakas on myös



palvelupisteen avulla mukana koko käsittelyprosessin ajan, millä tehostetaan häiriökorjausta ja parannetaan asiakassuhdetta. [32, p. 15]

Tapahtumanhallinnan ensimmäinen askel on tapahtuman tunnistaminen ja kirjaus [32, p. 15], missä pyritään määrittelemään tapahtuman luokka ja kirjataan tapahtuma järjestelmään esimerkiksi häiriötikettinä. Tämän jälkeen tapahtumalle luodaan alustava luokittelu, missä tapahtumalle määritellään tarkemmin luokitus, kiireellisyys, prioriteetti, tapahtuman ilmoittanut taho, tapahtuman häiriöiden kuvaus ja jo toteutetut korjaustutkimukset. Tapahtuman ilmoittaneen tahon SLA-sopimus määrää osan tapahtuman määriteltävistä ominaisuuksista. [34, p. 8]

Kolmantena askeleena käytetään valmiina aiemmin luotua häiriönkuvaukseen sopivaa RFC:tä, jos sellainen on olemassa. [32, p. 15] Palvelupyynnön toteuttamisen jälkeen asiakkaalle ilmoitetaan tapahtuman korjauksen onnistumisesta ja tapahtuma suljetaan. Valmiin palvelupyynnön puuttuessa tapahtuman käsittely siirtyy seuraavaan portaaseen. [34, p. 9]



Kuva 12. ITIL:n tapahtumanhallintaprosessi. [32, p. 16]

Palvelupyynnön puuttuessa neljännessä vaiheessa tapahtuma otetaan tarkempaan tutkintaan ja vianmääritykseen [32, p. 15] ja se käsitellään ongelmanhallintaprosessin avulla. Ongelmanhallintaprosessin seurauksena saadaan tapahtumalle aikaan uusi

ratkaisu, joka toteutetaan seuraavassa vaiheessa. Tämän jälkeen asiakkaalle ilmoitetaan tapahtuman korjauksen toteutumisesta ja tapahtuma suljetaan. [34, p. 10]

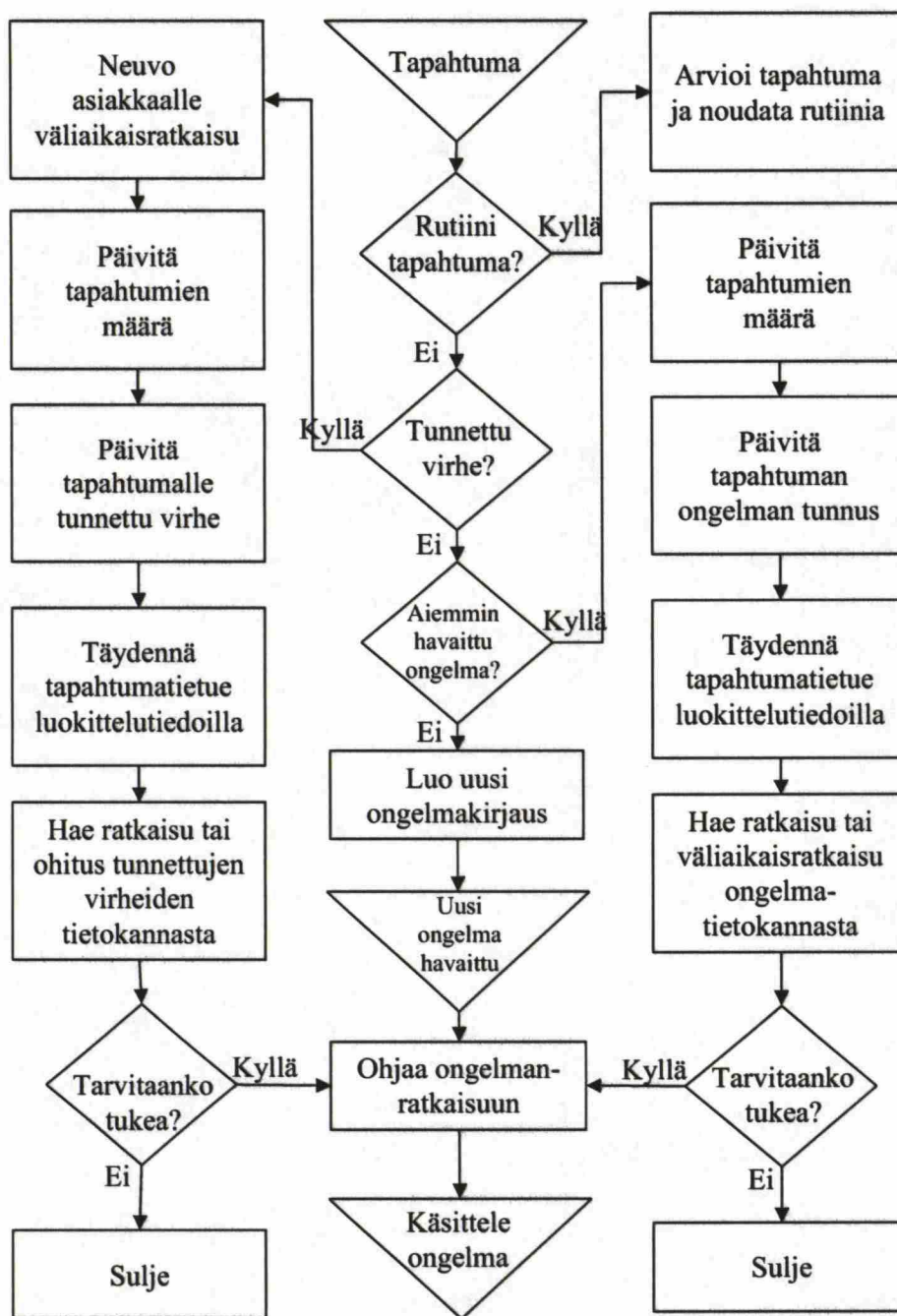
### 3.2.2 Ongelmanhallinta

ITIL:in ongelmanhallinnan (engl. Problem Management) tehtävänä on ongelman eli yhden tai useamman tapahtuman tuntemattoman aiheuttajan ratkaiseminen tehokkaasti ja nopeasti sekä virheiden uusiutumisen estäminen. Ongelmanhallinnassa voidaan korjata vikoja reaktiivisesti tapahtuman havaitsemisen jälkeen tai proaktiivisesti ennen vian syntymistä. Reaktiivisessa mallissa käytetään ITIL:n esittelemää ongelmanhallintaprosessia (kts. Kuva 13). Proaktiivisessa menetelmässä pyritään havaitsemaan syntyvän vian ennakko-oireita ennen kuin vika syntyy kokonaisuudessaan ja tässä voi käyttää hyväksi esimerkiksi trendianalyysiä. [32, p. 19] Trendianalyysissä tutkitaan tarkastelukohteen muutosta ajan funktiona, jolloin pidemmän aikavälin muutokset toimintakyvyssä voidaan huomata ja korjata ennen kuin tarkastelukohteen toimintakyky lakkaa kokonaan.

Ongelmanhallintaprosessi (kts. Kuva 13) alkaa uuden tapahtuman saapumisesta, jolloin tapahtumasta luodaan uusi käsittelytiketti. Jos tapahtuma on usein toistuva rutiinitapahtuma, arvioidaan tapahtuma ja toteutetaan rutiinin mukainen korjaustoimenpide, minkä jälkeen tapahtuman käsittely päättyy. [32, p. 21]

Tapahtuman käsittelyä jatketaan eteenpäin, jos tarkastuksessa ilmenee, että tapahtuma ei ole rutiinitapaus. Seuraavana tarkistetaan onko tapahtuman aiheuttama virhe tunnettu. Jos virhe tunnetaan, siirrytään korjaamaan virhettä seuraavan kaavan mukaisesti. Ensimmäisenä neuvotaan asiakkaalle jokin mahdollinen väliaikais-ratkaisu, jotta virhe saataisiin kierrettyä korjaustoimenpiteiden ajaksi. Toiseksi tietokantaan päivitetään tapahtuman määrä mitä seuraa kolmantena tapahtumaan liittyvän tunnetun virheen tunnuksen päivitys. [32, p. 21] Neljännessä kohdassa tapahtumatietue päivitetään luokittelutiedoilla, joihin kuuluvat tapahtuman arvioitu prioriteetti, asiakkaan ja palveluntarjoajan välisen SLA-sopimuksen vaatimukset sekä arvio tapahtuman vaikutuksesta asiakkaalle. [34, p. 21] Tämän jälkeen haetaan ratkaisu tai ohitus tunnettujen virheiden tietokannasta. Jos tietokannassa oleva tunnettu ratkaisu tai ohitus poistaa virheen kokonaisuudessaan, suljetaan käsittelytiketti. Jos tietokanta ei tarjoa kokonaista ratkaisua käsiteltävään tapahtumaan, siirretään tapahtuman käsittely eteenpäin ongelmanratkaisuun. Joissain tapauksissa tilapäisratkaisu voi jäädä pidempään käyttöön, jos RFC:n toteutus ei ole taloudellisesti kannattavaa tai resurssien suhteen mahdollista.





Kuva 13. ITIL:n ongelmanhallintaprosessi. [32, p. 21]

Tapahtuman prosessointia jatketaan eteenpäin päärunkoa pitkin, jos tapahtuman aiheuttanut virhe ei ole tunnettu. Jos havaittu tapahtuma johtuu jostain tietokantaan tallennetusta aiemmin havaitusta ongelmasta, tapahtuma käsitellään seuraavien toimintojen avulla: ensimmäisenä päivitetään tietokantaan kyseiseen ongelmaan liitettyjen tapahtumien määrä, toiseksi päivitetään tapahtumaan siihen liittyvän tunnetun ongelman tunnus ja kolmantena päivitetään tapahtumatietueeseen samat luokittelutiedot kuin tunnetun virheen kohdalla. Tämän jälkeen haetaan ratkaisu tai väliaikaisratkaisu

tietokannasta ja toteutetaan se. Jos tapahtuma poistuu kokonaan toimintojen seurauksena, käsittelytiketti suljetaan ja tapahtuman käsittely lopetetaan. Jos tapahtuma käsiteltiin väliaikaisratkaisulla tai ratkaisu ei poistanut tapahtumaa kokonaan, siirretään tapahtuman käsittely ongelmanratkaisuun. [32, p. 21] Joissain tilanteissa aiemmin havaitusta ongelmasta aiheutunut tapahtuma voidaan korjata väliaikaisratkaisulla, mutta lopullinen korjaus voi jäädä odotustilaan esimerkiksi taloudellisista tai rajallisista resursseista johtuvien seikkojen takia.

Tapahtuma johtuu uudesta ongelmasta, jos kyseessä ei ole rutiinitapahtuma tai tapahtuma ei johdu tunnetusta virheestä tai aiemmin havaitusta ongelmasta. Uudesta ongelmasta luodaan uusi ongelmakirjaus tietokantaan. Tämän jälkeen tapahtuma lähetetään ongelmanratkaisuun, johon ohjataan myös tunnetuista virheistä tai aiemmin havaituista ongelmista johtuvat tapahtumat, joita ei tietokantaan kirjatulla korjausmenetelmillä ole pystynyt korjaamaan. [32, p. 21] Uusi ongelma luokitellaan samalla tavalla kuin muissakin tapauksissa, jonka jälkeen ongelma siirretään tutkinnan ja analyysin alle. Ongelman käsittelyä voidaan siirtää asiantuntijalta toiselle, mutta ongelma pysyy käsittelyssä niin kauan kunnes juurisyyvirhe löydetään ja korjaussuunnitelma luodaan. Korjaussuunnitelma voi olla RFC:n luominen tai väliaikaisratkaisu. RFC:n mukainen korjaussuunnitelma toteutetaan, minkä jälkeen ongelman käsittely lopetetaan ja käsittelytiketti suljetaan. Väliaikaiskorjaustoimenpiteen suorittamisen tapauksessa ongelman käsittelijä jatkaa ongelman käsittelyä luoden RFC-korjaussuunnitelman tai jättää ongelman tunnettuun virhetilaan taloudellisten syiden tai resursseista johtuvien rajoitteiden takia.

### 3.3 Verkon ongelmat ja viat

Tietoliikenneverkon laitteet ovat jatkuvan rasituksen alla; ohjelmistoja päivitetään usein ja ne ovat alttiina moninaisille ulkoisille elementeille, minkä takia laitteistossa tai ohjelmistossa esiintyy vikoja. Tässä luvussa esitellään useita yleisiä vikatyyppejä ja niiden vaikutuksia tietoverkon liikenteelle. Viat voidaan jakaa karkeasti runkoverkon vikoihin, DSLAM:in sisäisiin vikoihin ja liityntäverkon vikoihin. [19, p. 33]

Eri vikojen ilmenemismäärät ja niistä seuraavat häiriöiden vaikutuslaajuudet ja kestot on esitelty (kts. Taulukko 1). Kyseisen taulukon luomiseen on käytetty Elisa sisäiseen tietoverkkoon merkittyjä laajakaistaverkossa havaittuja ja korjattuja häiriöitä kahden kuukauden ajalta kesältä 2009. Frekvenssi kuvaa ongelman keskimääräistä ilmenemismäärää kuukaudessa, keskimääräinen asiakasvaikutus määrittää kuinka moneen eri asiakkaaseen keskimäärin kyseinen ongelma vaikuttaa, ongelman keskimääräinen kesto kuvailee kyseisen ongelman havaittua keskimääräistä kestoja tunneissa ja ongelman vakavuus arvioi liittymän toimivuutta ongelmatilanteen aikana. Liittymän toimiessa osittain vakavuuden arvo on 0,5 ja liittymän ollessa täysin toimimaton arvo on 1. Kokonaishäiriöaika kuvaa häiriötyypin aiheuttamaa yhteenlaskettua aikaa, jolloin häiriötyyppi on havaittavissa. Kokonaishäiriöaika saadaan laskettua kertomalla yhteen frekvenssi, keskimääräinen asiakasvaikutus, ongelman keskimääräinen kesto ja ongelman vakavuus. [19, p. 41]



**Taulukko 1. Suuntaa antava kuvaus liittymävikamääristä häiriötyypeittäin [19, p. 42]**

Ongelmatilanne	Frekvenssi [tapausta per kk]	Keskim. asiakasvaikutus [asiakasta per tapaus]	Ongelman keskim. kesto [h]	Ongelman "vakavuus"	Kokonais- häiriöaika [h]
Pumppaava yhteys	100	4	24	0,5	4800
Liityntäverkon vika	5	50	20	1	5000
Runkoverkkoyhteyden katkos	10	250	2,5	1	6250
Uudelleenkäynnistyminen	10	250	0,5	1	1250
Hajonnut linjakortti	12	50	16	1	9600
Ylikuumentuminen	2	250	24	0,5	6000

Ongelmatilanteiden arvoja verratessa voidaan havaita liityntäverkon ongelmien kokonaishäiriöajan kattavan 15 % kokonaisajasta ja runkoverkkoon liittyvien ongelmien kattavan 19 % kokonaisajasta. DSLAM:iin liittyvät ongelmat eli pumppaavat yhteydet, uudelleenkäynnistymiset, hajonneet linjakortit ja ylikuumentumiset kattavat kokonaishäiriöajasta 66 % ja ovat erittäin hallitsevassa roolissa ottaen huomioon, että DSLAM on vain yksi osa laajakaistapalvelun luontia.

Tietoverkon vikakuvauksien avulla pyritään kuvaamaan yleisimpien tietoverkosta havaittavien häiriöiden lähteitä. Yleisimpien häiriölähteiden juurisyyn tietämällä pystytään muodostamaan tarkempia häiriökohtaisia muutosehdotuksia häiriötikettien vähentämiseen.

### 3.3.1 Runkoverkon viat

Runkoverkon viat ovat huomattavasti harvinaisempia kuin liityntäverkon viat, mutta runkoverkon vikaantuessa häiriön vaikutusalue on huomattavasti laajempi. Elisan sisäiseen tietokantaan vuonna 2011 kirjattujen korjausten perusteella runkoverkon suurin häiriöiden aiheuttaja on sähkökatkot. Muita häiriön syitä on vioittunut laitteisto, kuituviat ja ohjelmistoviat. Ohjelmistovikojen tapauksessa usein pelkkä ohjelmiston uudelleenkäynnistäminen auttaa saamaan ohjelmiston pois epätoivotusta tilasta ja täten täysin toimivaksi.

### 3.3.2 DSLAM:in viat

Heikkilä [19] esittelee työssään useita yleisimpiä DSLAM:in häiriöitä, joita käsitellään tässä luvussa. Häiriöistä kuvataan niiden vaikutukset verkon tilaan sekä häiriön yleisimpiä juurisyitä. Häiriöiden kuvauksen laajuus on pidetty suppeana.

**Pumppaava yhteys** ilmenee ohimenevinä katkoina verkkoyhteyden toiminnassa. Yhteyden tila vaihtelee normaalin toiminnan sekä toimimattomuuden välillä. Tilan vaihtuvuusnopeus riippuu kohteesta, mutta nopeus on usein muutama sykli minuutissa. Pumppaava yhteys tapahtuu usein tilanteessa, jossa samalla DSLAM:in linjakortilla pumppaa useampi liittymä samaan aikaan. Kyseistä tapahtumaa kutsutaan DSLAM:in "chippiviaksi", joka ei johdu fyysisestä viasta linjakortissa vaan ohjelmistoviasta, jonka pystyy usein korjaamaan käynnistämällä DSLAM:in portin uudelleen. Elisan automaattinen häiriöiden havainnointiohjelma yrittää automaattisesti korjata

häiriöityneen DSL-liittymän käynnistämällä linjakortin uuden osana häiriönkäsitteilyjärjestelmän automaattista vianmääritystoimintoa.

**Uudelleenkäynnistyminen** voi tapahtua DSLAM:issa itsestään esimerkiksi sähkökatkon tai laitteisto- tai ohjelmistovian takia. Uudelleenkäynnistymisen aikana yhteydet eivät toimi ja noin 20–30 minuutin päästä saavutetaan normaali toimintataso.

**Ylikuumentumisen** seurauksena DSLAM voi uudelleenkäynnistää linjakortteja tai kytkeä linjakortteja hetkeksi pois päältä, jotta laitteiston lämpötilaa saadaan laskettua hieman ja sallitun lämpötilan ylittäminen ei johtaisi komponenttien rikkoutumiseen. Yleisin syy lämpötilan nousuun on tuulettimen rikkoutuminen, mitä työn verkkoympäristössä oleva automatiikka valvoo.

**Hitaasti toimiva** DSLAM voi ilmetä tapauksessa, jossa kyseinen laite on ollut pitkään (yli vuoden) päällä yhtäjaksoisesti. Vika voi ilmetä hallinnointiviestien vastaanoton hidastumisena tai viestien hylkäämisinä, jolloin asiakasliikenne toimii kuitenkin normaalisti. Joissain tapauksissa asiakasliikenteen välityskyky hidastuu, jolloin osa asiakasliikenteen paketeista tiputetaan, mikä vaikuttaa asiakkaan kokemaan palvelun laatuun. Kolmas virheen ilmenemismuoto on hitaudesta seurannut uudelleenkäynnistyminen. Hitaus voi johtua DSLAM:in tai sen yksittäisen linjakortin joutumisesta virheelliseen tilaan, mikä korjataan käynnistämällä koko DSLAM tai yksittäinen linjakortti uudelleen. Elisan verkossa osa kyseisistä hidastumisista voidaan havaita automaattisesti.

**Hajonnut linjakortti** voi ilmetä yhteyden tilassa usealla eri tavalla riippuen tapauksesta ja linjakortin hajoamisen laajuudesta. Linjakortti voi hajota kokonaisuudessaan, jolloin kaikki kortin portteihin liitetyt liittymät katkeavat; tai osittain, jolloin vain tietyn porttien osajoukkoon liitettyjen asiakkaiden liittymät katkeavat. Linjakortin hajoamista ei tällä hetkellä voi ennustaa ennalta, mutta linjakortteja hajoaa usein etenkin kesällä verkkokosten seurauksena.

**Runkoverkkoyhteyden katkokset** johtuvat usein runkoverkon häiriöstä tai DSLAM:in kuituliittimen vikaantumisesta, jonka seurauksena mikään DSLAM:iin yhdistetty liittymä ei toimi. Yhteyden katkoksia seurataan automaattisesti Elisan toimesta, jotta mahdollisiin laajamittaisiin käyttökatkoihin voidaan reagoida mahdollisimman nopeasti.

**Linjakortin porttien alaspäänti** on vikana samankaltainen kuin hajonnut linjakortti, missä iso osa tai kaikki portit ovat toimimattomassa tilassa. Toisin kuin hajonneessa linjakortissa, linjakortin porttien alaspääntä korjaus tapahtuu käynnistämällä linjakortti uudelleen, jonka seurauksena useimmiten kaikki portit palaavat normaaliin toimintaan. Porttien alaspäänti johtuu ohjelmistoviasta.

**Linjakortin DHCP-ongelmat** johtuvat linjakortin ohjelmistoviasta, minkä takia linjakortti ei pysty välittämään asiakkaan dynaamisen isännän määrittelyprotokollan (engl. Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP) viestejä DHCP-palvelimelle. DHCP-palvelimen tehtävänä on jakaa asiakkaille IP-osoitteet, joiden avulla saadaan avattua yhteys. Jos linjakortti ei pysty välittämään asiakkaiden DHCP-pyyntöjä, asiakkaat eivät voi saada IP-osoitteita ja tästä seuraa liittymien toimimattomuus. Häiriö poistuu yleensä käynnistämällä linjakortti uudestaan.



### 3.3.3 Liityntäverkon viat

Liityntäverkon viat johtuvat usein ulkoisista fyysisistä ilmiöistä, jotka vaikuttavat kaapelien toimintaan. Routa ja kaivuutoiminta ovat yleisiä kaapeleiden toimintaa häiritseviä ilmiöitä. Kyseisten ilmiöiden seuraukset voidaan havaita helposti, koska mihinkään liityntäjohdon toisessa päässä olevaan päätteeseen ei voi saada yhteyttä. Kaapeliviankorjaus on kallista, koska se vaatii kaapelin esiin kaivamisen ja korjaamisen. Kaivauksen seurauksena tapahtuneen häiriön havaitseminen ja kaapelin vioittuneen vikakohdan löytäminen on usein helppoa, mutta roudan murtaman johdon vikakorjaus ei ole niin yksioikoista vaan vaatii enemmän investointeja.

Roudan lisäksi muut luonnonvoimat voivat vaikuttaa kaapeleiden kuntoon. Kaapelien eristeiden kastuminen tai liitosten hapettuminen kasvattaa hiljalleen kaapelin vaimennusta, joka hidastaa hiljalleen kaapelin tiedonsiirtonopeuksia [35]. Asiakkaan kokemaan palveluun tämä vaikuttaa aluksi hitaampana liittymänä ja myöhemmin toimimattomana yhteytenä. Kyseisiä sähköisiä arvoja ja niiden muutoksia voidaan Elisan toimesta mitata automaattilla etäkäyttöisesti, minkä avulla voidaan kaapelille tehdä tarvittavat korjaavat toimenpiteet ennen kuin asiakas edes huomaa hidastumista palvelussa [35]. Myrskyn seurauksena sähkö- ja puhelinkaapelien päälle kaatuneet puut aiheuttavat myös häiriöitä.

## 4 Elisan verkonhallintajärjestelmät

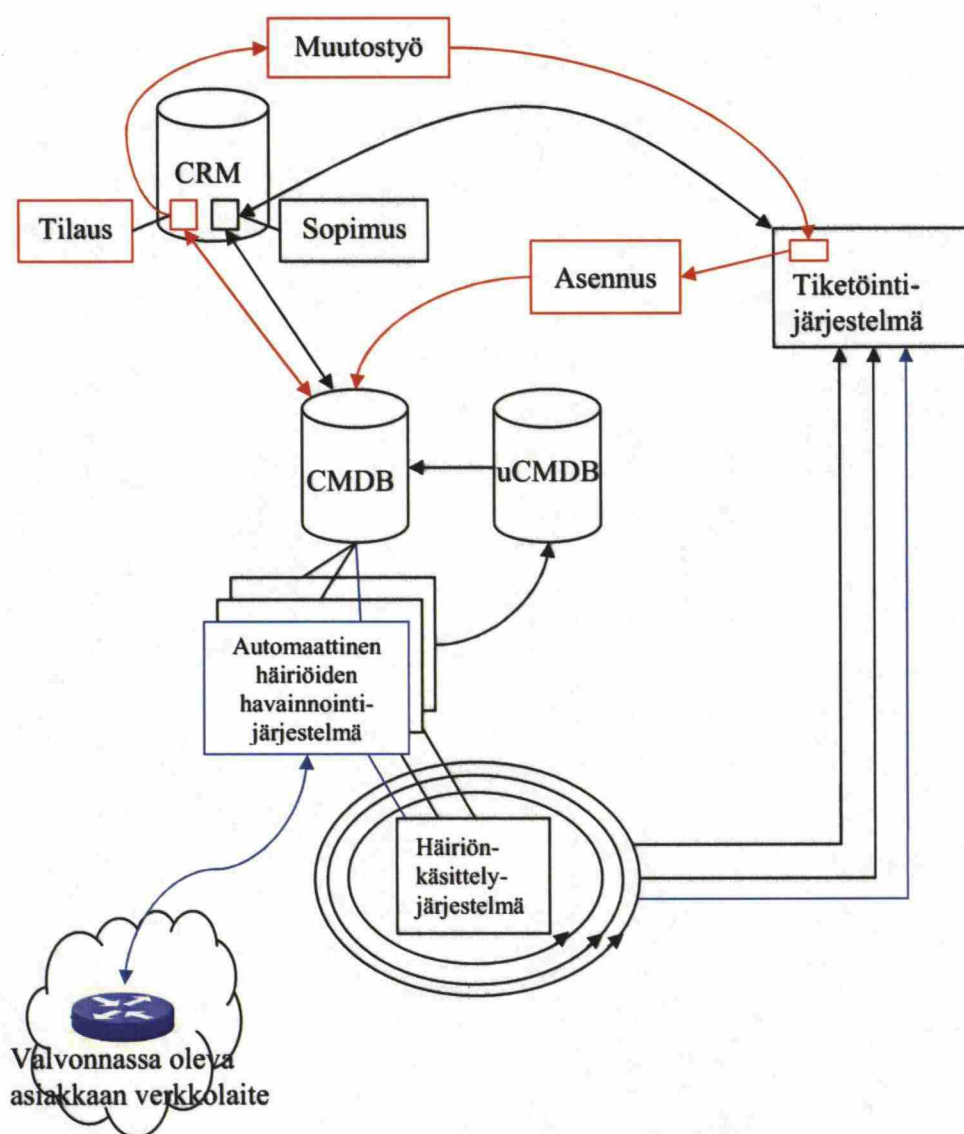
Elisan verkonhallinta jakautuu useaan erilliseen järjestelmään ja prosessiin (kts. Kuva 14). Työn kannalta keskeisimmät osat ovat asiakkuuden hallinta (engl. Customer Relationship Management, CRM), tiketointijärjestelmä, konfiguraationhallinta-tietokanta (engl. Configuration Management Database, CMDB), automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä, automaattinen häiriönkäsittelyjärjestelmä ja Elisan tietoverkko. CRM on vastuussa tilausten ja sopimusten teosta asiakkaan kanssa. Tiketointijärjestelmä on havaittujen häiriöiden ja muiden toimintojen tiketöinnistä vastaava järjestelmä ja CMDB sisältää tiedot asiakkaista, asiakkaiden laitteistoista ja topologiasta. Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä valvoo asiakkuuksien laitteita. Häiriönkäsittelyjärjestelmä käsittelee automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän ilmoittamia häiriöitä ennalta määrättyjen toimintojen mukaan ja avaa tarvittaessa tiketointijärjestelmän avulla niistä häiriötikettejä.

Kuva 14 sisältää kaksi verkonhallinnan prosessia: tilaus- ja valvontaprosessit. Tilausprosessi on merkitty kuvaan punaisella ja valvontaprosessi sinisellä värillä. Häiriöiden havaitsemisen kannalta tilausprosessin tärkein on CMDB:een kirjoitettavat laitetiedot, joista muodostetaan asiakkuuden tarkastettavien laitteiden lista. Valvontaprosessissa havaitaan varsinaiset tietoverkon häiriöt, käsitellään häiriöitä automaattisten menetelmien avulla ja luodaan niistä tarvittaessa tiketointijärjestelmän avulla häiriötiketit.

Punaisella värillä merkityssä viisivaiheisessa tilausprosessissa luodaan CMDB:n asiakkaan laitetietokanta (kts. Kuva 14). CRM:n tilauspuolen ottaessa tilauksen vastaan lisätään CMDB:een uusi asiakas ja tilauksen tyyppi, esimerkiksi LAN-tilaus. Seuraavaksi CRM:n tilauksesta luodaan uusi muutostyö, josta luodaan tiketointijärjestelmän asennustyojonoon tiketti tarvittavasta asennustyöstä. Neljännessä vaiheessa tilauksen laitteet asennetaan ja viidennessä vaiheessa asennettujen laitteiden tiedot lisätään asiakkaan tietoihin CMDB:een.

Sinisellä värillä merkityssä valvontaprosessissa automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä saa CMDB:ltä valvottavien verkkolaitteiden tiedot, jotka määräävät automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän valvottavat kohteet (kts. Kuva 14). Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä tarkistaa saadaanko kyseiseen verkkolaitteeseen muodostettua yhteys, jonka avulla voidaan päätellä onko laitteessa tai yhteydessä häiriötä. Yhteyden muodostuttua normaalisti oletetaan verkkolaitteen ja yhteyden olevan häiriötön. Jos tarkasteltavaan laitteeseen ei saada muodostettua yhteyttä, oletetaan laitteessa olevan häiriö. Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä välittää tästä häiriöstä tiedon häiriönkäsittelyjärjestelmälle. Tämä käsittelee häiriön määrättyjen toimintatapojen mukaan ja tarvittaessa lähettää häiriöstä ilmoituksen tiketointijärjestelmälle, joka luo häiriöstä häiriötiketin. Viankorjaajat käsittelevät häiriötiketit ja pyrkivät havaitsemaan häiriötiketin häiriötietojen perusteella vian perimmäisen syyn eli juurisyyn ja toteuttavat korjaavat toimenpiteet juurisyyn poistamiseksi.





Kuva 14. Elisan verkonhallintajärjestelmät.

Elisan verkonhallintajärjestelmän esittely on työn kannalta tärkeää, koska empiirisen osan muutokset toteutetaan kyseiseen järjestelmään. Työssä pyritään selittämään verkonhallintajärjestelmä mahdollisimman laajasti, mutta keskittyen tarkemmin tiettyihin työn aiheen kannalta tärkeisiin osiin. Empiirisessä osan muutoksissa valitut toimenpiteet ja päätökset pohjautuvat usein tässä luvussa esiteltujen järjestelmien ominaisuuksiin.

#### 4.1 Verkon häiriöiden havaitseminen

Elisan verkon vianhallinta jakautuu kolmeen järjestelmään, joista tässä työssä keskitytään työn alussa esiteltujen rajoituksen takia automaattiseen häiriöiden havainnointijärjestelmään. Tässä työssä on keskitytty Elisan yritysverkkoasiakkaiden

kiinteiden tietoliikenneyhteyksien häiriöiden havainnointiin, minkä takia keskitytään tarkastelemaan ainoastaan automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän toimintaa.

Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä on vastuussa muun muassa Elisan yritysasiakkaiden valvonnassa olevien laitteiden tarkistuksesta ja saa CMDB:stä tiedot tarkasteltavista asiakkuuksista ja sen laitteista. Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä tutkii verkkolaitteiden saatavuutta käyttämällä yksinkertaista Ping-tyyppistä verkonmittaustyökalua (kts. Luku 2.4.1) tai SNMP:tä (kts. 2.4.2). Ping-työkalulla saadaan selville vastaako kyseinen laite kutsuun ja tästä voidaan päätellä toimiiko kyseinen verkkolaite vai ei. Automaattinen häiriöiden havainnointi-järjestelmä suorittaa Ping-ohjelman tyyppisen tarkastuksen jokaiseen valvottavaan verkkolaitteeseen neljän minuutin välein. SNMP:n avulla valvotaan kohteita, joihin Ping-tyyppinen valvonta ei sovellu. Valvonnan havaitessa tavoittamattoman verkkolaitteen siitä ilmoitetaan häiriönkäsittelyjärjestelmälle.

## 4.2 Konfiguraationhallintatietokanta

Konfiguraationhallintatietokannat sisältävät asiakkuuteen liittyvien laitteistojen tiedon. CMDB:ssä asiakkuuksista löytyy tarkemmin muun muassa asiakkaan nimi, asiakkaan LL-numero, palveluluokkasopimus (engl. Service Level Agreement, SLA) sekä liitettyjen verkkolaitteiden nimet ja osoitteet. Asiakkaan LL-numero on yksilöllinen tunnus, jonka avulla asiakkuutta voidaan kuvata. Yhteen LL-numeroon voi olla merkitty yksi tai useampia valvottavia laitteita.

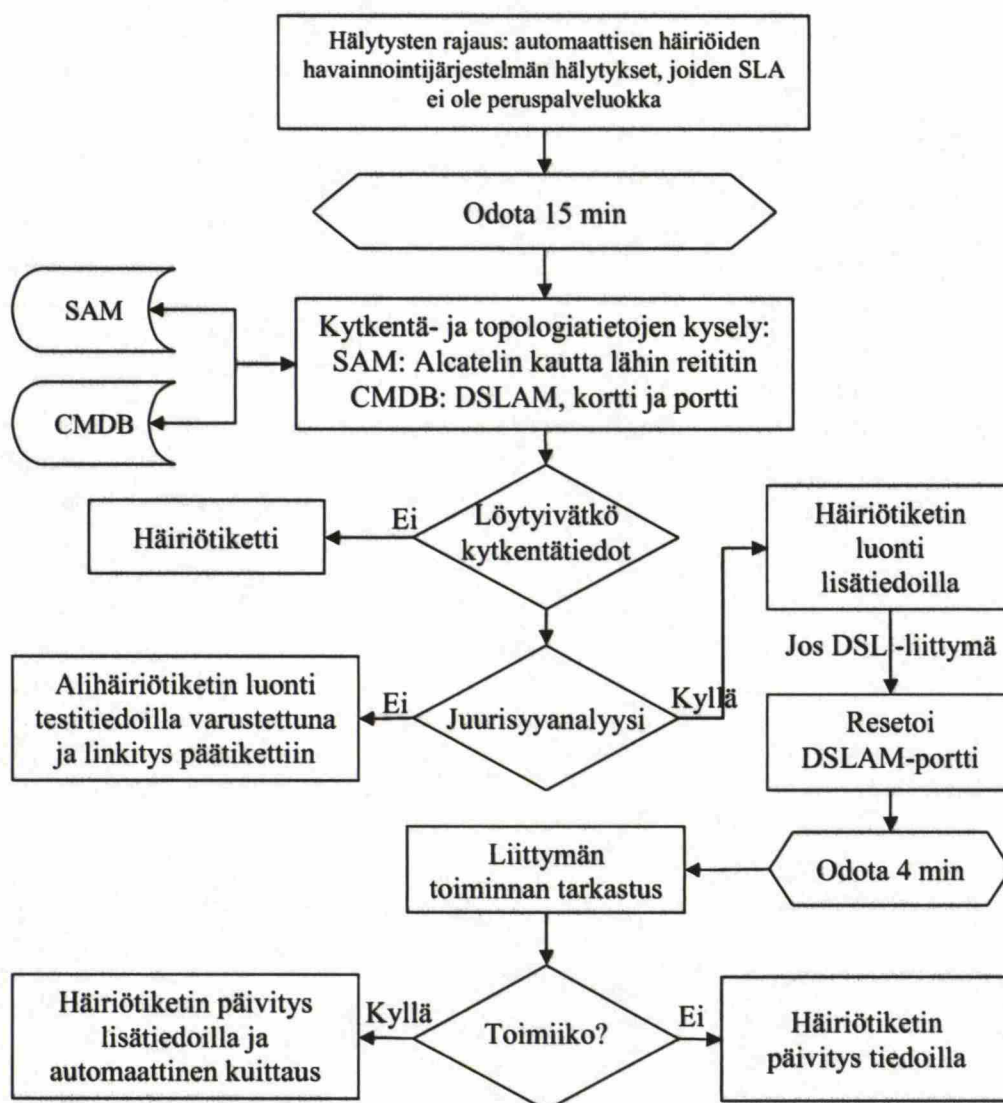
SLA-palveluluokat määrittävät asiakkuuden viankorjauksen palvelu-, vaste-, rajaus- ja korjausajan. Palveluajalla tarkoitetaan aikaa, jonka sisällä Elisa tekee vianrajaus- ja korjaustoimenpiteitä. Palveluaikaluokkia oli työn toteutuksen aikana käytössä neljä, jotka yleisellä tasolla eroavat toisistaan ilta-, yö- ja viikonloppuna tehtävän valvonnan osalta. Suppein valvonta-aika kattaa arkena niin sanotun virastotyöajan eli kello 8.00–16.00 ja laajin valvonta-aika on voimassa vuorokauden ympäri vuoden jokaisena päivänä. Vasteaika määrittelee suurimman mahdollisen vasteajan häiriötiketin vastaanottamisen ja käsittelyyn ottamisen välillä. Vasteaikaluokat alkavat kahdeksasta tunnista ja ovat tiukimmassa luokassa 15 minuuttia. Vianrajausaika määrittelee suurimman vianrajaukseen kestävän ajan ja vianrajausluokat ovat yhden ja kahdeksan tunnin välillä luokasta riippuen. Korjausaika määrittelee vianrajauksen jälkeen suoritettavan korjauksen suurimman sallitun keston. Korjausajat vaihtelevat luokittain kolmesta tunnista 24 tuntiin. Kyseisten luokkien lisäksi on vielä peruspalveluluokka, jossa on suppein palveluaikaluokka ja se sisältää tavoitteellisen kahdeksan tunnin vasteajan, mutta ei rajaus- tai korjausaikaa.

## 4.3 Häiriönkäsittelyjärjestelmä

Häiriönkäsittelyjärjestelmä vastaa automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän havaitsemien häiriöiden käsittelystä määriteltyjen toimintatapojen mukaan ja tarvittaessa ilmoittaa häiriöstä tiketointijärjestelmälle, joka luo häiriöstä häiriötiketin. Häiriötiketin avulla häiriön tiedot ohjataan manuaaliseen häiriönkorjaukseen, jossa etsitään kyseisen häiriön vian juurisyy ja korjataan se. Häiriönkäsittelyjärjestelmä on



täysin automatisoitu järjestelmä, jonka takia sen toteuttamat tarkistukset ja korjausmenetelmät ovat yksinkertaisia ja helposti automatisoitavia (kts. Kuva 15). Tässä luvussa esitellään häiriönkäsittelyjärjestelmän toimintatapa korkealla tasolla.



Kuva 15. Häiriönkäsittelyjärjestelmän toimintatapa.

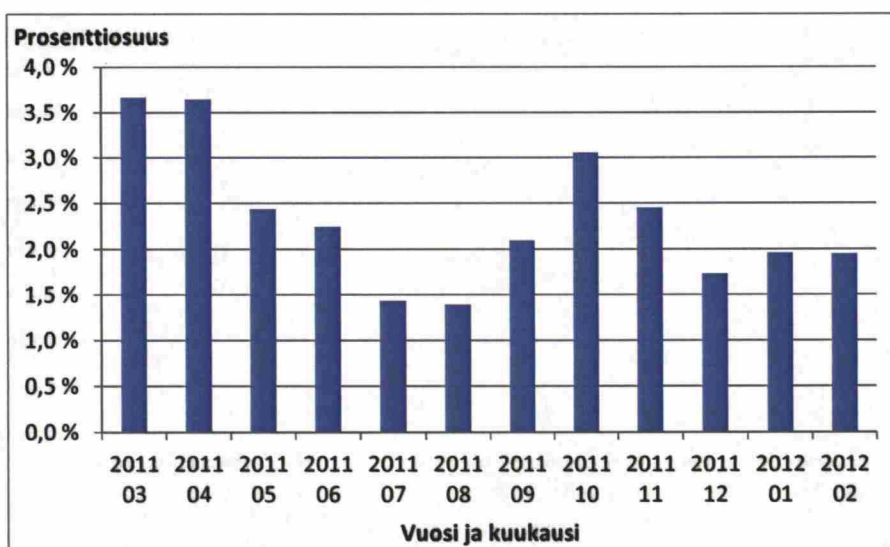
Häiriönkäsittelyjärjestelmän ensimmäisenä toimenpiteenä on automaattisen viankorjauksen rajaaminen ainoastaan automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän havaitsemiin häiriöihin sekä muihin kuin peruspalveluluokan omaavien asiakkuuksien verkkolaitteisiin. Tämä palveluluokkien perusteella tehty rajausta on luotu automaattisesti avattujen häiriötikettien määrän rajoittamiseksi ja tiukempien SLA-luokkien häiriöiden käsittelyiden priorisoimiseksi, mutta käynnissä olevat automatisoidun häiriökäsittelyn asiakaskokeman ja optimaalisen varhaisen häiriöiden käsittelyn kehitysprosessit voivat muuttaa rajoituksia. Seuraavaksi odotetaan 15 minuuttia, jotta mahdolliset hetkelliset häiriöt katoavat ja lisäksi verkon ja verkkolaitteen annetaan toipua häiriöstä. Automaattinen häiriöiden havainnointi-

järjestelmä jatkaa laitteiden saatavuuden tarkistamista neljän minuutin välein, joten häiriöitynyt laite tarkistetaan kolme kertaa kyseisen 15 minuutin aikana ennen kuin häiriönkäsittelyjärjestelmä ottaa häiriön käsittelyyn. Häiriönkäsittelyjärjestelmä lopettaa häiriön käsittelyn luomatta häiriötikettiä, jos häiriö havaitaan poistuneen kyseisten kolmen tarkistuksen aikana. Usein ei ole tarkoituksenmukaista avata häiriötikettiä häiriöstä, joka poistuu lähes heti havainnoinnin jälkeen, koska yksittäiset hetkelliset häiriöt voivat johtua tietoverkon yleisistä ilmiöistä. Hetkellisten häiriöiden suodatuksella menetetään kuitenkin häiriötietoa, joka olisi voinut auttaa ongelmanhallinnassa muiden ongelmien juurisyy ratkaisemissa.

Seuraavana askeleena on häiriöityneen verkkolaitteen tietojen keräys palvelutietoiselta hallinnalta (engl. Service Aware Manager, SAM) ja CMDB:ltä. SAM:in kautta saadaan runkoverkkoon kiinnittyneen lähimmän reitittimen IP-osoite ja CMDB:n kautta saadaan tietää DSL-liittymän tapauksessa DSLAM:in ja sen kortin ja portin tiedot. Jos tietokannoista ei löydy tarvittavia kytkentätietoja, avataan kyseisestä häiriöstä häiriötiketti CMDB:n avulla. Liityntätietojen löytyessä suoritetaan seuraavaksi juurisyyanalyysi, jossa tarkistetaan onko häiriön syy ylempänä verkossa sijaitsevassa reitittimessä tai DSLAM:ssä. Vian johtuessa ylempänä olevasta verkkolaitteesta häiriöstä luodaan alitiketti testitiedoilla varustettuna ja liitetään päätikettiin, joka on luotu ylempänä verkossa olevan laitteen häiriöstä. Häiriöstä avataan tiketointijärjestelmän avulla häiriötiketti ja lisätään siihen lisätiedot, jos ylempänä olevat laitteet ovat kunnossa.

Häiriön ilmetessä DSL-tekniikan avulla toteutetussa liittymässä häiriönkäsittelyjärjestelmän toimintaan kuuluu muutama lisäaskel yleisten ongelmatyyppien korjaamiseksi. DSL-liittymän DSLAM-portti voi olla ajautunut vikatilaan, joka korjautuu uudelleenkäynnistämällä kyseinen portti. Uudelleenkäynnistyksen jälkeen häiriönkäsittelyjärjestelmä odottaa 4 minuuttia, jotta DSLAM-portti ehtii varmasti käynnistyä kokonaan. Tämän jälkeen häiriönkäsittelyjärjestelmä tarkastaa liittymän toiminnan. Jos liittymä alkoi toimia normaalisti uudelleenkäynnistyksen jälkeen, häiriönkäsittelyjärjestelmä päivittää luodun häiriötiketin toimenpiteeksi ”Resetoitu”, lopputuloksella ”Korjattu etäkäyttöisesti/Muu syy” ja kuittaa sen valmiiksi. Tarkastellessa automaatin 1.3.2011–29.2.2012 välillä luomien häiriötikettien listausta [36] havaittiin, että kuukaudessa keskimäärin noin 2,3 % automaattisesti avatuista häiriötiketeistä korjattiin häiriönkäsittelyjärjestelmän DSLAM-portin uudelleenkäynnistymisen avulla (kts. Kuva 16).





Kuva 16. Onnistuneiden DSLAM-portin uudelleenkäynnistymisten osuus automaattisesti avatuista häiriötiketeistä, 3.2011–2.2012. [36]

Jos DSLAM-portin uudelleenkäynnistykseen jälkeen liittymä ei vastaa, häiriönkäsittelyjärjestelmä päivittää häiriötiketin testitiedoilla ja lopettaa häiriön käsittelyn. Avatut häiriötiketit siirretään häiriönkäsittelyjärjestelmän käsittelyn jälkeen asiantuntijoiden käsittelyjonoihin. Häiriönkäsittelyjärjestelmä kuitenkin jatkaa häiriötikettien häiriöiden seuraamista ja sulkee häiriötiketin, jos se havaitsee häiriön poistuneen. Tällöin estetään poistuneiden häiriöiden häiriötikettien kulkeutumisen asiantuntijoiden viankorjaukseen, mikä parantaa asiantuntijoiden korjaustehokkuutta, koska poistuneen häiriön häiriötiketin käsittelyyn kuluu asiantuntijoiden tekemän arvion mukaan noin 3-5 minuuttia häiriötikettiä kohden.

Häiriönkäsittelyjärjestelmässä on esiteltyjen toimintojen lisäksi myös niin sanottu myrskysalpa, joka sulkee häiriönkäsittelyjärjestelmän pois käytöstä poikkeuksellisen laajan runkoverkon vikatilanteen yhteydessä. Myrskysalpa käynnistyy siinä tilanteessa, jos viisi runkoverkon laitetta ei vastaa kutsuihin. Viiden runkoverkon laitteen alhaalla olo heikentää tietoliikenneverkon toimintaa siinä määrin, että verkon muiden laitteiden saatavuuden tarkistus ei ole järkevää ennen kuin häiriöityneet runkoverkon laitteet on palautettu toimintakuntoon.

Verkkojen ja järjestelmien voimakkaan kehityksen seurauksena häiriöiden automaattisen käsittelyn tarve lisääntyy. Nykyiset järjestelmät ovat jatkuvan muospaineen alla, jotta ne pystyvät vastaamaan uusiin vaatimuksiin ja tarpeisiin. On oletettavaa, että tietoverkkoon tehtävien hallinta-, valvonta- ja häiriöidenkäsittelyohjelmien muutokset tulevat vaikuttamaan myös työn kannalta keskeisiin järjestelmiin. Täten häiriönkäsittelyjärjestelmän toimintaa parantaessa on tärkeää luoda selkeitä käytetyistä järjestelmistä riippumattomia logiikoita, jotka voidaan siirtää sellaisenaan myös tuleviin automaattista valvontaa suorittaviin järjestelmiin.

#### 4.4 Tiketöintijärjestelmä ja tiketöinti

Tiketöintijärjestelmä on vastuussa erilaisista tiketöinneistä. Elisan järjestelmässä tiketöintiä käytetään monenlaiseen työnohjaukseen ja raportointiin. Tiketillä voidaan ilmoittaa esimerkiksi korjausta vaativasta häiriöstä, asennustehtävästä tai muutoksesta. Tikettejä käsitellään myös myöhemmin tilastollisesti suunnitellussa muokkauksia viankorjausprosessiin sekä käytetään tietolähteenä sisäisessä ja asiakkaalle lähetettävässä raportoinnissa.

Häiriötiketti voidaan luoda automaattisesti automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän ja häiriönkäsittelyjärjestelmän avulla tai manuaalisesti asiakaspalvelun (engl. Help Desk, HD) kautta. Häiriötiketti sisältää häiriötietojen lisäksi muun muassa asiakas- ja laitetietoja. Luomisen jälkeen häiriötiketti ohjataan valittuun käsittelyjonoon, jossa tiketin ilmoittamat häiriöt korjataan. Viankorjauksen onnistuttua häiriötiketti suljetaan, jolloin se poistuu myös työnohjauksesta ja käsittelyjonosta. Käsittelyjonosta häiriötikettejä nostetaan asiantuntijoiden käsittelyyn kiireys- ja vaikutusprioriteettien perusteella, mutta valintapäätöksen häiriötiketin käsittelyyn nostosta tekee lopulta kuitenkin aina kyseinen asiantuntija.

Tikettejä käytetään myös muussa kuin häiriönkorjauksen työnohjauksessa. Uutta asiakkuutta solmittaessa asennetaan uudelle asiakkaalle usein laitteistoja, ohjelmistoja, palveluita ja niiden valvontaa (kts. Kuva 14). Uusien laitteiden asennuksesta tai mahdollisista muutostöistä tehdään asennustiketti tiketöintijärjestelmän kautta. Asennustiketin perusteella tehdään asennuksen työnohjausta samalla tavalla kun häiriötiketeidenkin tapauksessa ja asennustiketti suljetaan asennustyön valmistuttua.

Tiketöintiä käytetään työnohjauksen lisäksi kaikenlaiseen raportointiin. Asiakkaalle lähetetään häiriötiketteihin perustuvia tiedotteita, joista selviää kyseisen ajanjakson kaikki asiakkaan verkossa havaitut häiriöt ja niiden korjaustoimenpiteet. Täten häiriötikettien vähentäminen ei kaikissa tilanteissa ole sallittua, koska asiakkaalle menevä raportointi voi häiriintyä siitä. Häiriötiketilistauksia käytetään myös ennakoivassa viankorjauksessa etsittäessä uusia verkossa tapahtuvia ilmiöitä, joita ymmärtämällä tai poistamalla voidaan mahdollisesti tehostaa viankorjauksen toimintaa, vähentää vikamääriä ja parantaa asiakkaan havaitsemaa palvelunlaatua.

Ennakoivia häiriötikettejä käytetään siinä tilanteessa, jos on syytä epäillä, että tarkasteltava kohde voi pian aiheuttaa häiriöitä verkossa. Esimerkiksi DSLAM:in tuulettimen vikaantuminen aiheuttaa ennakoivan häiriötiketin, koska korjaamattomana se voi aiheuttaa DSLAM:in ylikuumentumisen, joka vaikuttaa asiakkaiden palveluihin. Ennakoivien häiriötikettien käyttö onkin erittäin suositeltavaa, koska mahdollisen vian korjaaminen ennen sen realisoitumista on suotavaa. Tällöin korjaustoimenpiteet ovat usein halvempia ja nopeampia, koska mikään ei ole mahdollisesti mennyt vielä rikki ja lisäksi asiakkaat eivät havaitse häiriöitä palvelunlaadussa. Ennakoiva viankorjaus ja ennakoivien häiriötikettien luonti vaatii tietoliikenneverkon ilmiöiden syvällistä tuntemusta, jotta häiriö voidaan havaita ennakoivasti häiriötä edeltävistä oireista.

Tikettimääriä käytetään myös Elisan toiminnan tehokkuusmittareina. Yksi tämänhetkisistä tehokkuusmittareista on manuaalisesti eli yleensä asiakkaan



ilmoituksesta avattavien häiriötikettien kokonaismäärä, jota pyritään vähentämään. Tämä onnistuu esimerkiksi lisäämällä ja tehostamalla automaatiota, jotta häiriöt voidaan havaita jo ennen kuin asiakas huomaa ne. Parhaassa tapauksessa voidaan häiriön aiheuttaja korjata ennen kuin asiakas ehtii edes havaita häiriötä. Automaatiota lisäämällä usein lisääntyvät myös virheelliset häiriötiketit, jotka eivät edusta mitään oikeaa verkon vikaa. Tällaisten häiriötikettien luomista täytyy vähentää automaation toimintoja oikeistamalla, koska niiden käsittelyyn kuluu asiantuntijoiden aikaa ja vaikuttaa muiden häiriötikettien korjausaikoihin.

Kertautuvien häiriötikettien vähentäminen on myös yksi Elisan sisäisistä tavoitteista. Tavoitteena on korjata 82 % automaattisesti ja manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä kerralla kuntoon ilman, että häiriö kertautuu. Häiriötiketti luokitellaan kertautuvaksi, jos asiakkaalla on aiemmin seitsemän vuorokauden sisällä avattu ja suljettu häiriötiketti. Aina uuden kertautuvan häiriötiketin havaitsemisen jälkeen seitsemän vuorokauden ajastin nollataan, joten häiriötiketin sulkemisen jälkeen on aina seitsemän vuorokauden aikaikkuna, jolloin tulevat häiriötiketit luokitellaan kertautuviksi. Kertautuvien häiriötikettien määrän tarkkailu on tärkeää, koska se kuvaa osaltaan häiriönkorjauksen onnistumista. Kerrannaisien häiriötikettien lukumäärällä voidaan arvioida kuinka usein häiriönkorjaus onnistuu poistamaan häiriön aiheuttaneen juurisyyn. Jos häiriön juurisyystä ei saada korjattua ja korjataan vain jokin juurisyystä johtuva sekundäärinen vika, havaittu häiriö todennäköisesti uusiutuu pian. Osa kerrannaisista häiriötiketeistä johtuu kuitenkin valvonta-järjestelmän toteutuksesta ja näiden osuutta kertautuvien häiriötikettien kokonaismäärästä täytyy saada merkittävästi vähennettyä, jotta nämä eivät heikennä kertautuvien häiriötikettien lukumäärän käyttöä tehokkuusmittarina.

## 4.5 Esimerkki vikatilanteesta

Tässä luvussa kuvataan esimerkin avulla viankorjausprosessi häiriön havaitsemisesta häiriötiketin sulkemiseen saakka. Kyseiseen esimerkkiin valitaan automaattisesti havaittu häiriö, koska se sopii parhaiten työn rajaukseen. Esimerkkinä on yritysverkon LAN-verkon liityntäverkkoon yhdistävän kahdentamattoman reitittimen häiriöityminen. Häiriöityneen laitteen SLA-sopimus on korkeampi kuin peruspalveluluokka, jolloin se on automaattisen viankorjauksen piirissä. Esimerkissä keskitytään vikatilanteen käsittelyn yleiseen kaavaan, eikä paneuduta tarkemmin asiantuntijan tekemiin korjaustoimenpiteisiin kyseisessä tilanteessa. Esimerkin tarkoituksena on kuvata selkeästi alusta loppuun saakka tapahtumanhallintaketju Elisan viankorjausprosessin näkökulmasta.

Esimerkki alkaa LAN-verkon reunalla olevan reitittimen häiriöityessä ohjelmistovian takia ja joutuessa tilaan, jossa se ei voi ollenkaan vastaanottaa tai lähettää IP-pakettiliikennettä. Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä saa CMDB:n kautta kyseisen valvotun laitteen tiedot ja tarkistaa reitittimen saatavuuden Ping-ohjelman tapaisella menetelmällä. Häiriöitynyt reititin ei vastaa automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän lähettämää kyselyyn, jonka seurauksena automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä ilmoittaa havaitusta häiriöstä häiriönkäsittelyjärjestelmälle.



Häiriöilmoituksen saatuaan häiriönkäsittelyjärjestelmä tarkistaa, että häiriöityneen laitteen SLA-luokka ei ole automaattisen valvonnan ulkopuolella oleva peruspalveluluokka. Tämän jälkeen häiriönkäsittelyjärjestelmä käynnistää 15 minuutin odotusaikalaskurin, jonka aikana automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä jatkaa häiriöityneen reitittimen tarkistamista 4 minuutin välein. Häiriöityneen reitittimen takana olevat LAN-laitteet eivät myös vastaa automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän kyselyyn, koska vioittunut reititin on katkaisut ainoan LAN-laitteiden ja automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän välisen tietoliikenneyhteyden. Tämän seurauksena automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä ilmoittaa myös muiden LAN-laitteiden häiriöistä häiriönkäsittelyjärjestelmälle, joka käynnistää myös kyseisistä häiriöistä 15 minuutin odotusaikalaskurin. Häiriöt eivät poistu kyseisen 15 minuutin odotuksen aikana, joten häiriönkäsittelyjärjestelmä aloittaa häiriöiden käsittelyn.

Häiriönkäsittelyjärjestelmä käsittelee ensimmäisenä reitimestä luodun häiriötiketin, koska se havaittiin ensimmäisenä. Häiriönkäsittelyjärjestelmä hakee seuraavaksi häiriöityneen laitteen tiedot, jonka jälkeen se tutkii johtuiko häiriöityneen laitteen häiriö jostain ylempänä verkossa olevan laitteen häiriöstä. Ylempää verkosta ei löydy mitään häiriöitynyttä laitetta, joten reitittimestä luodaan normaalisti häiriötiketti. Verkon muiden LAN-laitteiden käsittely tapahtuu saman kaavan mukaan paitsi, että lopussa havaitaan, että häiriöiden syynä on verkossa ylempänä olevan reitittimen häiriö. Täten LAN-laitteista luotavat häiriötiketit merkitään reitittimen häiriötiketin alitketeiksi korostamaan, että LAN-laitteiden häiriöt johtuvat reitittimen häiriöitymisestä. Tämän jälkeen reitittimen häiriötiketti sijoitetaan WAN-häiriötikettien käsittelyjonoon ja LAN-laitteiden häiriötiketit LAN-häiriötikettien käsittelyjonoon.

Viankorjausasiantuntijat käsittelevät häiriötikettejä työjonoista monien eri kriteerien määrämällä järjestyksellä. Tärkeimmät käsittelyjärjestykseen vaikuttavat seikat ovat SLA-sopimuksessa sovitut vianrajaus- ja korjausajat, mutta valintoihin vaikuttaa myös esimerkiksi häiriöityneen järjestelmän tai asiakkuuden tärkeys sekä häiriötikettien oletetut riippuvuudet ja asiantuntijan henkilökohtaiset mieltymykset. Tässä tapauksessa on oletettavaa, että viankorjaukseen ei oteta LAN-työjonoon menneitä LAN-laitteiden häiriöitä, koska ne ovat selkeästi merkitty aiheutuneen WAN-työjonoon lisäystä reitittimen häiriöitymisestä. Täten reitittimestä luotu häiriötiketti otetaan ensimmäisenä käsittelyyn. Viankorjauksen edetessä asiantuntija käsittelee häiriötiketin luvuissa 3.2.1 ja 3.2.2 esitetyillä tavoilla. Juurisyyn löytymisen, korjaustoimenpiteiden toteutuksen ja toimenpiteiden onnistumisen testaamisen jälkeen häiriötiketti suljetaan. Kaikki reitittimen häiriötikettiin lisätyt alihäiriötiketit sulkeutuvat automaattisesti päähäiriötiketin sulun yhteydessä. Jos jokin LAN-laite on oikeasti häiriöitynyt, automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä havaitsee sen uudestaan seuraavalla tarkistuskerralla ja ilmoittaa siitä häiriönkäsittelyjärjestelmälle.

LAN-laitteen häiriötiketin käsittely tuo esiin selkeän haittapuolen automaattisen valvontajärjestelmän tavassa käsitellä korreloivia häiriötikettejä. Kahdentamattoman reitittimen häiriöityessä luodaan automaattisesti häiriötiketti jokaisesta kyseisen LAN:in valvotusta laitteesta, vaikka on oletettavaa, että kaikkien muiden LAN-laitteiden häiriöt johtuvat todennäköisimmin reitittimen häiriöstä. Kyseisen reitittimen häiriöitymisen takia luotuja LAN-laitteiden häiriötikettejä ei edes käytetä viankorjaukseen, vaikka LAN-laitteen häiriö olisikin riippumaton reitittimen häiriöstä, koska LAN-laitteiden



häiriötiketit suljetaan automaattisesti päähäiriötiketin sulkemisen yhteydessä. Täten on turhaa avata LAN-laitteista häiriötikettejä reitittimessä luodun häiriötiketin ollessa avoinna, koska LAN-laitteen reitittimestä riippumattomasta häiriöstä luodaan kuitenkin uusi häiriötiketti reitittimen korjauksen jälkeen. Kyseiset muista LAN-verkon laitteista luotavat häiriötiketit kasvattavat turhaan häiriötikettien ja kertautuvien häiriötikettien määrittämiä, joten on suotavaa, että ne jätetään tikkoihin.

## 5 Tietämyksenhallinta

Laajemmin tarkasteltuna tietämyksenhallinnan (engl. Knowledge Management, KM) keskeisinä tehtävinä on tiedon säilöminen, levittäminen ja käyttäminen uusissa käyttökohteissa. Modernissa yhteiskunnassa ja yritysmaailmassa tietämyksenhallinta on toimintona ollut käytössä pitkään, mutta vasta 1980-luvun loppupuolella kyseisistä toiminnoista ja prosesseista alettiin käyttää nimeä tietämyksenhallinta. [37, p. 12] Tietämyksenhallinnasta ei ole luotu standardia määritelmää, mutta alan enemmistön mukaan tietämyksenhallinta sisältää vähintään hiljaisen tiedon (engl. Tacit knowledge) ja määriteltävän tiedon (engl. Explicit knowledge) sekä niiden käsittelyn tavoitteena on lisätä organisaation arvoa. [37, p. 21] Yksi merkittävä tietämyksenhallinnan kehitykseen vaikuttaneista teoksista on Ikujiro Nonakan kirjoittama artikkeli The Knowledge-Creating Company [38], jossa Nonaka kuvailee hiljaisen ja määriteltävän tiedon eroja ja esittelee tietospiraalimallin, jolla henkilökohtainen hiljainen tieto voidaan muuntaa määriteltäväksi tiedoksi ja yhdistää organisaatioon.

Tietämyksenhallinnan keskeiset toimenpiteet voidaan jakaa kahdeksaan eri ominaisuuteen. [37, p. 11] Ensimmäisenä toimintona on uuden tiedon luominen ja toisena on yrityksen kannalta arvokkaan tiedon saatavuuden mahdollistaminen. Kolmantena tehtävänä on mahdollistaa prosessin kautta saadun tiedon käyttö päätöksenteossa. Neljäs tehtävä on uuden tiedon yhdistäminen prosesseihin, tuotteisiin ja palveluihin. Viidentenä toimintona mahdollistetaan uuden tiedon esittäminen eri dokumenteissa, tietokannoissa ja ohjelmistoissa. Kuudentena tehtävänä on tiedon lisääminen rohkaisemalla sen luontia organisaation kulttuurin ja yllykkeiden avulla. Seitsemäntenä ominaisuutena mahdollistetaan tiedon siirtäminen organisaation eri osien välillä. Kahdeksas piirre on tiedon arvon ja tietämyksenhallinnan tehokkuuden määrittäminen.

Tietämyksenhallinnan voi jakaa kolmeen eri aikakauteen, joissa on lähestytty tietämyksenhallintaa erilaisista näkökulmista. [37, p. 19] Ensimmäisen aikakauden tunnuslauseeksi voidaan määritellä lausahdus "jos vain tietäisimme kaiken minkä tiedämme". Tässä aikakaudessa on keskitytty tiedon määrittelyyn ja säilömiseen, jotta lausahduksen mukaisesti voisi tietää yhtä paljon kuin tietää. Tämän aikakauden tuotoksena ovat etenkin luodusta määriteltävästä tiedosta kehitetyt parhaat menettelytavat (engl. Best practises) ja opitut läksyt (engl. Lessons learned). Toisen aikakauden tunnuslause voisi olla "jos vain tietäisimme kuka tietää mistä". Ensimmäisen aikakauden seurauksena syntyneen tietotulvan vastareaktionä toisella aikakaudella keskityttiin ihmisiin. Ensimmäisellä aikakaudella luotujen suurien koko organisaation laajuisien kirjastojen sijaan keskityttiin tietämyksenhallinnan aloittamiseen organisaation pohjalta. Ihmisten ja organisaation kulttuurin laajempi huomioiminen takasi edellistä aikakautta tehokkaamman tietämyksenhallinta-prosessin. Kolmannen aikakauden tunnuslauseena on "luokittelu ennen teknologiaa" ja tällöin oli herätty tiedon asiayhteyden kuvaamiseen erillisenä tietona eli metatietona. Metatiedon avulla voidaan kuvata tiedon käyttökohteita, jolloin tiedon kohdekäyttäjryhmä löytää tiedon ja ymmärtää sen käyttökontekstin.



Tietämyksenhallinta voidaan jakaa kolmeen eri näkökulmaan, joissa kaikissa on eri toimintakentät ja tarkoitukset. [37, p. 17] Liiketoiminnan näkökulmassa (engl. Business Perspective) keskitytään määrittelemään miksi, mihin ja kuinka paljon organisaation tarvitsee sijoittaa ja käyttää tietoa. Hallinnon näkökulmassa keskitytään eri tietoprosessien määrittelemiseen, järjestelemiseen, ohjaamiseen, mahdollistamiseen ja valvomiseen, jotta halutut yrityksen strategiat ja tavoitteet toteutuvat. Käytännön näkökulmassa keskitytään käyttämään erikoisosaamista, jotta voidaan toteuttaa määriteltävää tietoa vaativia työtehtäviä. Tässä työssä tarkastellaan ja sovelletaan käytäntöön tietämyksenhallintaa käytännön näkökulmasta.

Tietämyksenhallinta on keskeisessä osassa tätä työtä ja muutosten luontia. Luvussa 5.2 esitellään tietospiiraalimalli, jota käytettiin olemassa olevan hiljaisen tiedon keräämiseen haastatteluiden ja tapaamisten avulla sekä muuntamiseen määriteltäväksi tiedoksi ja lopuksi omaksi hiljaiseksi tiedoksi, jota käytettiin empiirisen osan muutostöiden luomisessa. Luvussa 5.3 esitellään ongelmanratkaisukeskeinen tietämyksenhallintamenetelmän prosessi ja luvussa 5.4 esitellään henkilökohtainen tietämyksenhallinta, mitä käytettiin myös muutostyöideoiden etsimisessä ja kehityksessä.

## 5.1 Tiedon määrittely

Tiedon eri määritelmät ja muodot ovat keskeisenä osana tietämyksenhallintaa. Dalkir [37, p. 7] määrittelee kolme tiedon hierarkkista tasoa: raakadata (engl. data), informaatio (engl. information) ja tieto (engl. knowledge). Näiden kolmen tietomuodon lisäksi useissa tutkimuksissa kuvataan myös neljäs taso eli viisaus (engl. Wisdom) [39, p. 166] [40]. Näiden lisäksi on esitetty tiedon jakaantuvan kahteen eri muotoon: hiljaiseen tietoon ja määriteltyyn tietoon [38, p. 98] [37, p. 8] [41, p. 205]. Tässä luvussa keskitytään käsittelemään tiedon eri hierarkkisia tasoja sekä muotoja.

Ackoff [40] määrittelee raakadatan olevan merkkejä, jotka määrittelevät esineiden, tapahtumien ja ympäristöjen ominaisuuksia. Raakadata luodaan tarkkailemalla ja kirjaamalla ylös ominaisuuksia. Yksinään ilman mitään määritelmää tai päätelmiä raakadata on turhaa, koska sitä ei voi yksinään tulkita. Raakadatan avulla ei siis voi tietää mitään. Informaatio on käsiteltyä raakadataa, joka kertoo vastauksen erilaisiin kysymyksiin kuten kuka, mitä, milloin ja kuinka monta. Informaation perusteella voidaan tietää mikä käsiteltävä asia on (engl. know-what). Tiedon avulla voidaan kuvailla miksi käsiteltävä asia tapahtuu (engl. know-how) ja tiedon avulla voidaan luoda ohjeita, jolla tietoa voi välittää muille. Viisaus kuvaa ominaisuutta, jolla voi soveltamalla ja kehittämällä tehostaa toimintaa. Viisauden avulla voidaan tietää myös miksi kyseinen asia toimii miten se toimii.

Hiljainen tieto on vaikeasti määriteltävää tietoa, joka on usein opittu vuosien kokemuksen perusteella. Taidokas puuseppä osaa tehdä puusta käsillään upeita huonekaluja, mutta ei usein osaa ohjeistaa muille kuin vain pienen osan miten työstää puuta. Hiljaisen tiedon avulla puuseppä oppii käyttämään taitojaan entistä paremmin sekä käyttämään taitoja uudentlaisissa tilanteissa ja keksimään uusia menetelmiä. Lisäksi henkinen tietopääoma eli mentaalimallit, uskomukset ja näkökulmat ovat olennainen osa hiljaista tietoa ja tämän takia hiljaisen tiedon kuvailu on vaikeaa. [38, p. 98]

Hiljainen tieto sisältää taidon lisäksi tiedon miten kyseinen asia toimii (engl. know-how). Nonakan määrittelyn mukaan tieto sisältää myös viisauden eli ymmärryksen miksi kyseinen asia toimii (engl. know-why) ja miksi kyseisestä asiasta täytyy välittää (engl. care-why). Hiljaista tietoa on hankala välittää ilman tiheää kahdenkeskistä ohjausta ja opettamista.

Määritelty tieto on usein helposti määriteltävää, joten sitä voi kuvailla sanoin, kirjoittaa kirjoihin ja ohjeisiin sekä välittää elektronisesti. [42, p. 5] Määritellyn tiedon helppo kuvattavuus ja siirrettävyys ovat keskeisiä ominaisuuksia, miksi sitä käytetään erityisesti opettamiseen. Organisaatioissa määriteltyä tietoa voidaan jakaa helposti eri osastoihin. Määriteltyä tietoa voi levittää myös tuotteiden, palveluiden ja dokumentoitujen prosessien avulla. Määritellyn tiedon muoto on ensisijaisen tärkeää, jotta kyseistä tietoa voisi jakaa helposti eteenpäin.

Nonakan käyttämien hiljaisen tiedon ja määriteltävän tiedon lisäksi on olemassa muitakin tiedon määrittelytapoja. Scharmer [43] esittelee määriteltävän tiedon lisäksi hiljaisen tiedon jakamisen hiljaiseen käyttötietoon (engl. Tacit-Embodied) ja kaikkivaltaiseen hiljaiseen tietoon (engl. Self-Transcending tai Not-Yet-Embodied) (kts. Kuva 17). Käyttäen edelleen puuseppävertausta hyväksi määriteltävä tietoa on esimerkiksi puuseppän tekemän huonekalun koko ja paino. Hiljainen käyttötieto on puuseppän käyttämät puun käsittelytekniikat, jotka puuseppä on oppinut ajan saatossa. Kaikkivaltainen hiljainen tieto on käytössä uuden hiljaisen käyttötiedon keksimisessä. Puuseppän keksiessä uuden tavan käsitellä puuta hän käyttää hyväksi kaikkivaltaista hiljaista tietoa uuden käsittelytavan luomiseen. Kaikkivaltaisen hiljaisen tiedon avulla voi siis luoda uutta hiljaista käyttötietoa. Scharmer pyrki kaikkivaltaisen hiljaisen tiedon avulla kuvaamaan miten hiljainen tieto syntyy alun perin.



Kuva 17. Kaikkivaltainen hiljainen tieto. [43, p. 138]

Myös Li ja Gao [44] kritisoivat Nonakan [38, p. 98] käyttämää jakoa määriteltävän ja hiljaisen tiedon välille. Nonakan esiin nostama hiljainen tieto jakautuu Lin ja Gaon mukaan kahteen osaan: epäsuoraan hiljaiseen tietoon (engl. Implicit Tacit Knowledge) ja oikeaan hiljaiseen tietoon (engl. Real Tacit Knowledge). Oikea hiljainen tieto vastaa Nonakan hiljaisen tiedon kuvausta, mutta epäsuoran hiljaisen tiedon kuvaus luo erilaisen näkökulman hiljaiseen tietoon. Epäsuora hiljainen tieto kuvaa määriteltävää



tietoa, jonka henkilö pystyy kuvailemaan, mutta ei tee sitä esimerkiksi pitääkseen tietoa yksinomaisuutena. Tämän työn kannalta tieto käsitellään kuitenkin Nonakan määritelmien mukaan.

## 5.2 Tietospiraalimalli

Uusi tieto syntyy aina yksittäisen henkilön oivalluksesta hiljaisena tietona [38, p. 97]. Tämän uuden tiedon käyttöön ottaminen ja levittäminen organisaatiossa on kuitenkin tiedon hiljaisuuden takia vaikeaa ja hidasta. Nonakan [38, p. 97] esittelemä tietospiraalimalli kuvaa tiedonluomisprosessia neljän eri vaiheen avulla (kts. Kuva 18), joiden avulla voidaan luoda hiljaisesta tiedosta määriteltävää sekä ottaa se käyttöön organisaatiossa. Spiraalimallin neljä vaihetta ovat sosialisatio, ulkoistaminen, yhdistäminen ja sisäistäminen [45, p. 27]. Tässä luvussa käsitellään vaihe kerrallaan tiedon käsittelyprosessia sekä kuvaillaan kunkin vaiheen kohdalla, onko tieto hiljaista vai määriteltävää.

Spiraalimalli alkaa henkilökohtaisen tiedon käsittelystä ja nousee jokaisen kierroksen jälkeen astetta korkeammalle tasolle organisaatiossa. Täten saadaan spiraalimallin avulla uusi tieto liitettyä koko organisaatioon, käyttää saatua tietoa seuraavan tiedon pohjana ja samalla muutettua koko organisaatiota uuden tiedon avulla. Spiraalimalli toimii koko ajan keräten uutta tietoa uusista oivalluksista ja samalla nostaen jo luotua tietoa ylemmäs organisaatiossa.



Kuva 18. Tietospiraalimalli. [45, p. 27]

### 5.2.1 Vaihe 1: Sosialisatio

Ensimmäisessä vaiheessa eli sosialisaatiossa (engl. Socialization) kerätään hiljaista tietoa keskustelun tai yhteisen toiminnan avulla. Tässä vaiheessa tieto pysyy kokoajan hiljaisena. [41, p. 205] Nonaka [38, p. 98] kuvaili kyseistä vaiheita oppimisprosessina,

jossa oppipoika oppii mestarin hiljaisen tiedon seuraamalla, imitoimalla ja harjoittelemalla mestarin mukaan. Tällöin oppipojan hiljainen tieto laajenee mestarin hiljaisella tiedolla. Organisaatiotasolla tiedon välityksen kannalta oppipoika ja mestari-tyyppinen menetelmä on tehoton tapa, koska tieto on kummallakin osapuolella pääasiassa hiljaista. Tämä tapa on kuitenkin yksi helpoimpia tapoja oppia.

Organisaatioissa hiljaisen tiedon keräyksestä esimerkkinä ovat käytävällä tai kahvitauolla tapahtuvat spontaanit ja epäviralliset keskustelut, joissa henkilöt vaihtavat hiljaisia tietojaan. Epävirallisuuteen ja kokemuksiin vahvasti nojautuvuuden takia suurin heikkous onkin, että tieto tällaisissa epävirallisissa keskusteluissa jää usein ainoastaan kyseisten henkilöiden tietoisuuteen eikä niitä usein kirjata ylös. Lisäksi kyseisellä menetelmällä on vaikea siirtää kaikkea tarvittavaa tietoa osallistujien kesken sekä prosessi on erittäin aikaa vievää. [37, p. 52]

## 5.2.2 Vaihe 2: Ulkoistaminen

Toinen askel Nonakan tietospiraalissa on ulkoistaminen (engl. Externalization), jossa hiljainen tieto muunnetaan määriteltäväksi tiedoksi. Tämä tapahtuu luomalla erilaisia määritelmiä, jotka sisältävät ja kuvaavat hiljaista tietoa. [41, p. 205] Hiljaisen tiedon muuntaminen määriteltäväksi tiedoksi on haastavaa, koska hiljainen tieto on määritelmänsä mukaan vaikeasti kuvailtavaa.

Hiljaisen tiedon kuvailussa käytetään usein apuna kielikuvia, analogioita, käsitteitä, hypoteeseja ja malleja. Täten pystytään välittämään ajatuksia, joita ei pelkillä sanoilla pystytä välittämään. Tiedosta pyritään kuvailemaan miten se toimii, miksi se toimii ja miksi se on kiinnostavaa, että se toimii. Ulkopuolisen ammattilaisen, esimerkiksi journalistin avulla on usein helpompaa saada muodostettua hiljaisesta tiedosta määriteltävää tietoa, koska ulkopuolinen henkilö voi nähdä tiedon laajemmasta näkökulmasta ja pystyy liittämään sen muuhun tietoon. [37, p. 54]

## 5.2.3 Vaihe 3: Yhdistäminen

Kolmas vaihe tietospiraalissa on yhdistäminen (engl. Combination), jossa uutta määriteltävää tietoa yhdistelemällä luodaan uusia kyseisen tiedon käyttötapoja. Esimerkiksi tiedon yhdistämistä on määriteltävän tiedon yhdistäminen raportiksi, ohjesäännöksi, prosessiksi, trendianalyysiksi tai uudeksi tietokannaksi. Yhdistämisessä tieto pysyy kokoajan määriteltävänä. [37, p. 55]

Yhdistämisvaiheessa ei luoda itsessään uutta tietoa, mutta olemassa olevaa tietoa kuvataan tai yhdistetään uudella tavalla. Tämän uuden yhdistelmän tarkoituksena on tarjota enemmän tietoa kuin yksittäiset tietoaineokset pystyvät erikseen tarjoamaan. Olemassa oleva tietoina voidaan esimerkiksi muuntaa ja yhdistää paremmin opetusmateriaaliksi sopivaan muotoon, mitä voidaan käyttää uusien henkilöiden tehokkaampaan opetukseen.



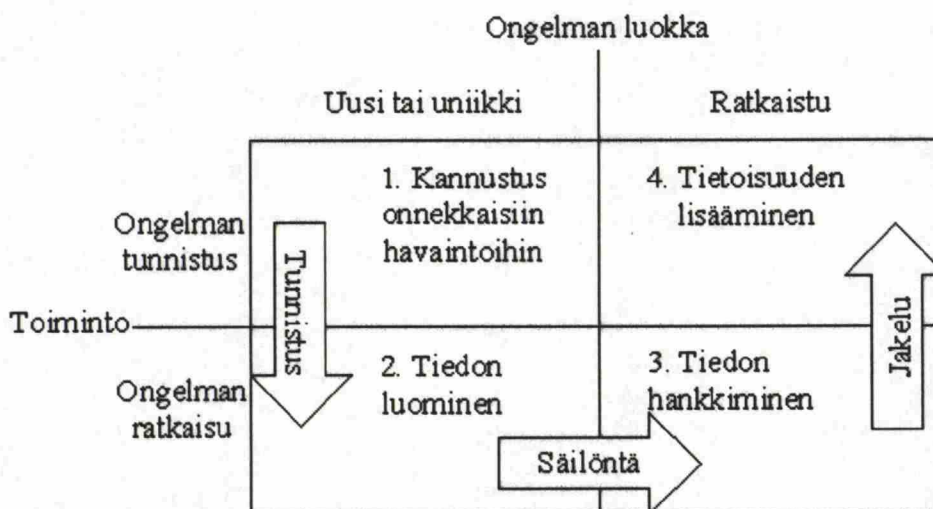
### 5.2.4 Vaihe 4: Sisäistäminen

Neljäs askel eli sisäistäminen (engl. Internalization) on vaihe, jossa määriteltävä tieto muunnetaan hiljaiseksi tiedoksi. Yhdistämisvaiheessa luotu tuote jaetaan organisaatiossa muille työntekijöille, jotka käyttävät sitä ja lopulta oppivat siitä. Keskeisenä metodina sisäistämisessä on oppiminen tekemällä ja käyttämällä sitä työtehtävissä. [38, p. 99]

Työntekijät laajentavat käytettävää tietoa omalla hiljaisella tiedollaan, jonka seurauksena sisäistettävä tieto laajentaa heidän omia hiljaisia tietoja. [38, p. 99] Hiljaisen tiedon laajentaminen muuttaa siten työtapoja, joilla saadaan parannettua työntekijöiden ja organisaation osaamista. Sisäistäminen on ainoa vaihe tietospiiraalimallissa, jossa tieto muuttuu sellaiseen muotoon, joka lisää työntekijän ja organisaation osaamista. [37, p. 56]

### 5.3 Tietämyksenhallinta ongelmanratkaisussa

Gray [46] esittelee tutkimuksessaan tietämyksenhallintaprosessin ongelmanratkaisutilanteiden näkökulmasta (kts. Kuva 19) ja kuvailee ongelmanratkaisun vastaavan pääasiallisesti käsiteltävän asian ymmärtämistä. Ymmärtämällä käsiteltävän asian perinpohjaisesti saadaan tarpeeksi tietoa, jonka avulla ongelman ratkaisu voidaan johtaa ongelmasta ja sen ominaisuuksista. Ongelmanratkaisun selvin tavoite on usein ratkaisun käyttöönotto yrityksen toiminnassa, mutta tämän lisäksi merkittävää hyötyä on myös ongelmanratkaisuprosessissa saadusta hiljaisesta tiedosta. Tämä uusi hiljainen tieto voi osoittautua korvaamattomaksi kohdatessa tulevia tapahtumia, vaikka alun perin ongelman ratkaisun käyttöönotto ei mahdollisesti tuottanutkaan haluttuja tuloksia. Ongelmanratkaisuprosessi onkin Grayn mielestä suurin oppimismenetelmä yrityksissä. [46, p. 89]



Kuva 19. Grayn tietämyksenhallinta ongelmanratkaisussa. [46, p. 89]

Gray jakaa ongelmanratkaisulogiikan toiminnot ongelman tunnistukseen ja ongelman ratkaisuun sekä ongelman luokat uuteen tai uniikkiin ongelmaan ja ratkaistuun ongelmaan. Ongelman tunnistukseen liittyvät kentät yksi ja neljä keskittyvät ongelmiin ja ratkaisutietoihin liittyvän tietoisuuden parantamiseen. Ongelman ratkaisuun liittyvät kentät kaksi ja kolme keskittyvät ongelmanratkaisuprosessissa olevien henkilöiden avustamiseen. Vasemmanpuoliset kentät yksi ja kaksi liittyvät uuden tiedon luomiseen ja oikealla puolella olevat kentät kolme ja neljä keskittyvät tarvittavan tiedon välittämisen ja tietoisuuden kasvattamiseen. [46, p. 91]

Ensimmäisessä kentässä (kts. Kuva 19) keskitytään tiedonhallintamenetelmiin, joissa kannustetaan työntekijää etsimään uusia ongelmia tai mahdollisuuksia käymällä läpi uutta tietoa, ideoita ja tapahtumia sekä kohtaamalla uudenlaisia tilanteita. Tällaisten menetelmien avulla yritys pyrkii luomaan mahdollisimman hyvän tuen työntekijöille, jotta onnekkaiden sattumien todennäköisyyttä saataisiin nostettua. Toisessa kentässä yritys pyrkii tukemaan työntekijän tiedonluontia ongelmanratkaisussa. Yrityksen tavoitteena on pyrkiä poistamaan organisaation luomat rajoitukset ja esteet työntekijän ongelmaratkaisuprosessin tieltä. Kolmannessa kentässä yritys pyrkii havaitsemaan ongelmanratkaisuprosessissa luodun uuden tiedon ja säilömään sen siten, että muut työntekijät voivat löytää kyseisen ongelman ratkaisun tarvittaessa. Neljännessä kentässä yritys pyrkii kasvattamaan työntekijöiden tietoisuutta uusista ongelmien ratkaisuksista, jotta ongelmanratkaisuprosessin hyöty tulee käyttöön koko organisaatiossa. [46, p. 91]

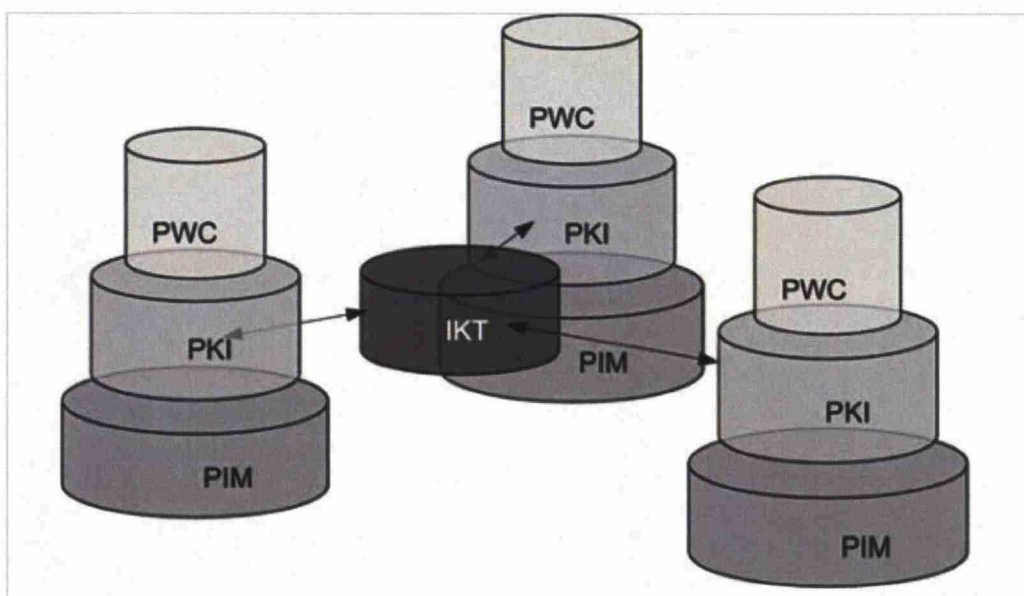
Grayn ongelmanratkaisulogiikassa on kuvattu myös kolme eri prosessia: ensimmäisen ja toisen kentän välinen tunnistusprosessi, toisen ja kolmannen kentän välinen säilöntäprosessi sekä kolmannen ja neljännen kentän välinen jakeluprosessi. Tunnistusprosessi hallinnoi havaittujen ongelmien ja mahdollisuuksien virtaa ensimmäisestä kentästä toiseen. Tällöin ongelmanratkaisukenttää voidaan tarkastella kokonaisuutena, jolloin mahdolliset aukot kentässä voidaan havaita. Säilöntäprosessin tehtävänä on systemaattisesti arvioida, luokitella, tallentaa sekä seurata uutta luotua tietoa. Jakeluprosessin tehtävänä on uuden tiedon etsiminen, tiedon paketoiminen järkeväksi kokonaisuudeksi, tiedon välittäminen tietoa tarvitseville henkilöille ja tiedon vastaanottamisen varmistaminen. Näiden prosessien tavoitteena on varmistaa optimaalinen ja systemaattinen toiminta logiikan jokaisen askeleen välillä. Täten voidaan välttyä siltä, että jokin siirtymä toteutetaan vajavaisesti tai turhaan. Lisäksi prosessimallin avulla olemassa olevia käytäntöjä voidaan helpommin arvioida ja tehdä tarvittaessa muutoksia olemassa oleviin käytäntöihin. Esimerkiksi epäonnistuneen jakeluprosessin seurauksena työntekijä voi siirtyä neljännessä kentästä toiseen kenttään ja turhaan käyttää resursseja jo ratkaistun ongelman ratkaisemiseksi. [46, p. 91]

#### 5.4 Henkilökohtainen tietämyksenhallinta

Henkilökohtainen tietämyksenhallinta (engl. Personal Knowledge Management, PKM) keskittyy organisaation sijaan yksittäisten henkilöiden tietämyksenhallintaan, joita yhdistetään toisiinsa. Tässä työssä käsitellään Cheongin ja Tsuin [41, p. 222] esittelemä PKM 2.0, joka yhdistelee aiempien PKM-mallien parhaita puolia. PKM 2.0 koostuu neljästä keskeisestä osasta: henkilökohtainen informaationhallinta (engl. Personal Information Management, PIM), henkilökohtainen tiedon sisäistäminen (engl. Personal Knowledge Internalization, PKI), henkilökohtaisen viisauden luonti (engl. Personal



Wisdom Creation, PWC) ja henkilöiden välinen tiedon välittäminen (engl. Inter-Personal Knowledge Transferring, IKT) (kts. Kuva 20). PKM 2.0-mallin henkilökohtainen tiedonhallinta tapahtuu PIM:ssä, PKI:ssä sekä PWC:ssä ja lisäksi IKT tukee prosessia jakaen tietoa muiden henkilöiden kesken.



Kuva 20. Henkilökohtainen tietämyksenhallinta 2.0. [41, p. 223]

Henkilökohtaisen informaationhallinnan prosessissa eli PIM:ssä henkilö pyrkii havaitsemaan ja löytämään informaatiota käyttäen lähtökohtana raakadataa. Keskeisinä käytettävänä taitoina ovat tiedon hakeminen (engl. Retrieving), arvioiminen (engl. Evaluating) ja organisointi (engl. Organising). Henkilökohtaisessa tiedon sisäistämisessä eli PKI:ssä henkilö keskittyy tiedon luomiseen informaatiosta. PKI-prosessissa tarvittavat taidot ovat tiedon analysointi, oppiminen ja itsensä kehittäminen sekä pohdiskelu. [41, p. 222]

Henkilökohtaisessa viisauden luonnissa eli PWC:ssä henkilö keskittyy tiedon käsittelyyn, mistä syntyy lopputuloksena viisautta. Keskeisinä käytettävänä taitoina PWC:ssä ovat ongelman ratkonta, luovuus sekä nopea ja ketterä ajattelukyky. [41, p. 222] Henkilöiden välisessä tiedon välittämisessä eli IKT:ssä keskitytään informaation ja tiedon välittämiseen eri henkilöiden kesken. Keskeisimmät taidot IKT:ssä ovat tiedon varmistaminen, esittäminen ja kommunikaatio sekä yhteistyö. [41, p. 224]

## 6 Tutkimusaineisto- ja menetelmät

Työn empiirisessä osassa pyritään ratkaisemaan luvussa 1.1 esitellyt tutkimuskysymykset, apukysymykset sekä tutkimustavoitteet. Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä etsittiin keinoja, joilla voitaisiin vähentää manuaalisesti käsiteltävien automaattisesti luotujen häiriötikettien määrää ilman, että asiakaskokema tai häiriötiketteihin perustuva raportointi häiriintyy. Toisessa tutkimuskysymyksessä etsittiin menetelmiä, joilla voidaan vähentää manuaalisesti avattavien häiriötikettien määrää automaattista häiriöiden havainnointia tehostamalla siten, että manuaalisesti käsiteltävien tikettien määrä ei kuitenkaan kasva. Apukysymyksenä kysyttiin, kuinka paljon eri häiriötikettien vähennysmenetelmät kohdistuvat kertautuviin häiriötiketteihin ja miten tikettien kokonaismäärää pienentämällä saadaan nostettua SLA-viankorjauksen onnistumisprosenttia. Tutkimustavoitteina oli häiriötikettien määrän väheneminen, kertautuvien häiriötikettien määrän väheneminen ja SLA onnistumisprosentin parantuminen. Tässä luvussa esitellään, mitä menetelmiä ja lähdetietoja käyttämällä kyseiset ongelmat on ratkaistu sekä kuvataan työn empiirisen osion rakenne. Tämän työn empiirinen osa on tehty kvantitatiivisena tutkimuksena.

### 6.1 Tutkimusaineisto

Työn lähdetietona on käytetty Elisan verkonhallinnan raporttitietokannassa olevia häiriötikettiraportteja, joiden perusteella on voitu määritellä erilaisia mahdollisia tavoitteisiin pyrkiviä muutosehdotuksia. Raporttitietokannasta pystyy tilaamaan useita erityyppisiä raportteja, mutta tässä työssä eniten käytetyt raportit olivat valitun aikaikkunan sisällä luodut häiriötiketit esittävä häiriötikettivalintaraportti [47], raportti viimeisen 40 vuorokauden sisällä auki olleista häiriötiketeistä [48] sekä kertautuvien häiriötikettien valintaraportti [49]. Häiriötikettilistauksen tiedot vaihtelivat hieman riippuen raportista, mutta yleisimmät tiedot löytyvät Taulukko 2:sta.



Taulukko 2. Häiriötikettilistauksen tiedot

Kentän nimi	Kentän kuvaus	Esimerkki
R_NUMERO	Asiakkaan yksilöllinen tunnus	LL1234567/1
R_TIKETTI_ID	Häiriötiketin yksilöllinen tunnus	12312312
R_LUONTIPÄIVÄ_OD	Häiriötiketin luomisen päivämäärä ja kellonaika	1.1.2012 12:00:01
Prioriteetti	Häiriötiketin tärkeysprioriteetti	2
R_SLA_LUOKKA	Vanhan SLA-luokan koodi	P1
R_ASIAKASNIMI	Asiakkaan yrityksen nimi	Elisa Oyj
R_ASIAKASOSOITE	Asiakasverkon osoite	Merituulentie 1 02100 Espoo
Luontijono	Käsittelyjonon nimi, johon häiriötiketti luotiin	LANINCIDENT
R_KUNTAKDI	Häiriötiketin sijaintikunnan lyhenne	ESP
R_SIJAINTI	Häiriötiketin sijaintikaupungin lyhenne	TAP
R_TILA_TIETO	Häiriötiketin häiriön lyhyt kuvaus	Down
R_PAATASO2	Häiriötiketin aihealueen määrittely	Tekniikka; Yritysverkko
R_ALATASO2	Häiriötiketin aihealueen alatasen määrittely	Yritysverkkopalvelu; Valvonta
R_LOPPUTULOS2	Häiriö korjauksen lopputulos	Korjattu etäkäyttöisesti/ Ohjelmisto vika
R_TOIMENPIDE3	Häiriön korjaustoimenpide	Resetoitu
R_VALMIS_ASIAKKAALLE_OD	Häiriötiketin sulkemisen päivämäärä ja kellonaika	1.1.2012 16:00:01

R\_NUMERO-kenttä sisältää asiakkaan yksilöllisen tunnuskoodin, joka on yritysasiakkaiden kohdalla aina LL-alkuinen. R\_TIKETTI\_ID on häiriötiketin yksilöllinen tunnus, R\_LUONTIPÄIVÄ\_OD sisältää häiriötiketin luomisen päivämäärän ja kellonajan ja prioriteetti kuvaa häiriötiketin tärkeyttä asteikolla yhdestä eli tärkeimmästä neljään eli vähiten tärkeimpään. R\_SLA\_LUOKKA kertoo asiakkaan SLA-palveluluokan, R\_ASIAKASNIMI on asiakkaan yrityksen nimi ja R\_ASIAKASOSOITE on asiakkaan osoite. Luontijono kuvaa häiriötiketin luontikäsittelyjonoa, R\_KUNTAKDI määrittelee häiriön sijaintikunnan koodin ja R\_SIJAINTI häiriön sijaintikaupungin koodin. R\_TILA\_TIETO kuvailee lyhyesti häiriötä, R\_PAATASO2 esittää häiriötiketin aihealueen ja R\_ALATASO2 esittää häiriötiketin aihealueen alatasen. R\_LOPPUTULOS2 määrittelee häiriökorjauksen lopputuloksen, R\_TOIMENPIDE3 kuvaa häiriön korjaustoimenpidettä ja R\_VALMIS\_ASIAKKAALLE\_OD kertoo häiriötiketin sulkemisen päivämäärän ja kellonajan. Näiden kyseisten tietojen lisäksi löytyy useita muita tietokenttiä, mutta ne jätetään esittelemättä, koska ne eivät ole oleellisia tämän työn kannalta.

Suurimmaksi ongelmaksi raporttien käytöstä analysoinnissa muodostui eri raporttien sisältämät eri tietokentät. Jokaiseen eri raporttityyppiin on valittu erikseen tietyt tietokentät, minkä takia kattavan tietokenttäkokoelman saamiseen on pitänyt usein

yhdistää kahden tai useamman eri häiriötikettiraporttityypin tiedot. Häiriötikettiraporttien yhdistämistä on käytetty esimerkiksi liittämällä vapaavalintaiseen häiriötikettiraporttiin raporttitietokannasta löytyvä Viestintä-virastolle tehtävä raportti, jotta saadaan määriteltyä onko häiriötiketti luotu automaattisesti häiriövalvonnan toimesta vai asiakkaan ilmoituksen seurauksena manuaalisesti. Lisäksi SLA-palveluluokkatiedon kannalta ongelmaksi on muodostunut se, että kyseinen informaatio on saatavilla 40 vuorokauden häiriötikettiraportissa, mutta ei ole saatavilla vapaavalintaisessa häiriötikettiraportissa.

## 6.2 Menetelmät

Tässä työssä on käytetty hyväksi luvussa 6.1 esiteltyjen tutkimusaineistojen lisäksi Elisan asiantuntijahaastatteluiden saatuja tietoja, luvussa 3 esiteltyjä verkkohallinnan, ITIL-mallin ja verkon yleisten vikojen tietoa sekä luvussa 4 määriteltyjä Elisan verkkohallinnan toimintojen kuvauksia. Näistä lähteistä on pyritty luvussa 5 esiteltyjen tietämyksenhallinnan menetelmien avulla luomaan uutta tietoa, jota käytettiin uusien muutoskohteiden ideoimisessa ja kehittämisessä. Näiden muutoskohteiden avulla on pyritty toteuttamaan työlle asetettuja tavoitteita.

Keskeisenä tietämyksenhallinnan menetelmänä työssä käytettiin Nonakan tietospiiraalia. Asiantuntijoilta haastatteluiden avulla kerätty hiljainen tieto muunnettiin tietospiiraalin mukaisesti määriteltäväksi tiedoksi, joka yhdistettiin luvuissa 2 ja 3 esitettyihin tietoihin. Näitä tietoja yhdistelemällä ja analysoimalla sekä sisäistämällä luotiin tarvittava henkilökohtainen hiljainen tieto, jonka avulla luotiin nämä muutosehdotukset nykyiseen verkon valvontajärjestelmään.

## 6.3 Muutosten toteutus

Työssä esitettyjen muutoksien toteutus tehtiin käyttämällä Elisan sisäistä IT-palvelupyyntöä. Muutoksista tehtävään IT-palvelupyyntöön kuvattiin hankkeen yksityiskohtien lisäksi muita hankkeen riippuvuuksia erinäisiin tulostuloksiin, vaikutukset yrityksen tulokseen tai toimintaan sekä muita yrityksen sisäisiä tietoja. Näiden tietojen avulla IT-palvelupyyntö voitiin ottaa käsittelyyn.

IT-palvelupyynnöt läpikäytiin kaksiportaisen priorisointivaiheen avulla. Korkean prioriteetin saaminen oli erityisen tärkeää, jotta IT-palvelupyyntö otettiin käsittelyyn. Korkean prioriteetin kehitystoimenpiteisiin kohdentamisen takia matalamman prioriteettiluokan IT-palvelupyynnöt jäävät usein odottamaan toteuttamista. Tämän työn kannalta muutoksien vaikutukset käsiteltiin analysoimalla häiriötikettilistauksia niissä tapauksissa, jossa IT-palvelupyyntö ei valmistunut työn loppuun mennessä. Työn aikana toteutuneiden muutosehdotusten tapauksessa muutosten tulokset esiteltiin oikeiden mittaustuloksien perusteella.



## 6.4 Empiirisen osion rakenne

Työn empiirinen osio jakautuu kahteen osaan työn tutkimuskysymysten mukaisesti. Kaksi ensimmäistä lukua keskittyvät kummankin tutkimuskysymyksen muutoksien kuvaamiseen ja kaksi jälkimmäistä painottuu muutoksien implementoinnista saatujen tulosten esittelyyn ja analysointiin. Täten muutokset ja analyysit voidaan käsitellä tutkimuskysymyskohtaisesti. Analyysilukujen jälkeen kaikkien muutosten tulokset käsitellään yhdessä yhteenvetona tutkimuskysymysten ja apukysymysten näkökulmasta.

Luvussa 7 esitellään kaikki muutossuunnitelmat, jotka keskittyvät ensimmäiseen tutkimuskysymykseen eli automaattisesti tehtävien häiriötikettien määrän vähentämiseen. Luvussa 8 keskitytään käsittelemään menetelmiä, joilla ratkaistaan toisen tutkimuskysymyksen ongelma eli asiakkaan ilmoituksesta avattavien häiriötikettien vähentäminen. Luvussa 9 keskitytään luvussa 7 esiteltyjen menetelmien tulosten analysointiin ja luvussa 10 käsitellään luvun 8 muutosehdotusten tulosten analyysieja. Luvussa 11 analysoidaan muutostöiden tuloksia ja luvussa 12 esitellään diplomityön aikana esiin tulleet työn jatkokehitysideat.

## 7 Automaatin avaamien tikettien vähentäminen

Tässä luvussa keskitytään määrittelemään ne menetelmät, joilla pyritään ensimmäisen tutkimuskysymyksen mukaisesti vähentämään automaatin avaamien tikettien määrää. Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä kysyttiin, että millä keinoin pystytään vähentämään automaattisilla menetelmillä havaituista häiriöistä automaattisesti luotujen häiriötikettien määrää ilman, että asiakaskokema tai häiriötiketteihin perustuva tiedotus kärsii? Tämän kysymyksen vastaukseksi on määritelty neljä eri menetelmää, jotka esitellään tämän luvun alaluvuissa.

### 7.1 LAN-kertautuvat häiriötikettit

LAN-verkkojen valvonta aiheuttaa häiriötilanteissa usein mittavan määrän kertautuvia häiriötikettejä, jos LAN-verkon ja operaattoriverkon yhdistävä yhdyskäytäväreititin (engl. Gateway router, GW-router) häiriöityy. Tällöin automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä ilmoittaa luvussa 4.5 esitellyn esimerkin tavoin häiriönkäsittelyjärjestelmälle erikseen jokaisen LAN-verkossa valvonnassa olevan laitteen tavoittamattomuuden, jonka seurauksena häiriönkäsittelyjärjestelmä luo tiketöintijärjestelmän avulla jokaisesta LAN-laitteesta häiriötiketin.

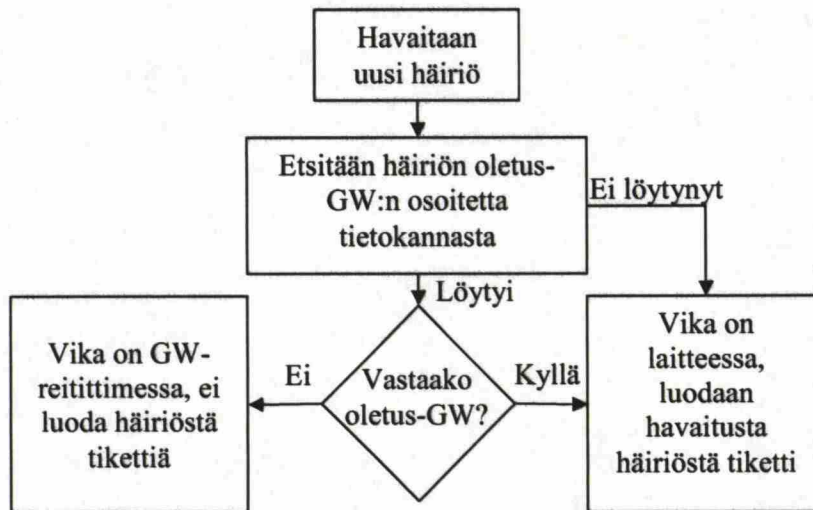
LAN-kertautuvien häiriötikettien muutosehdotuksen taustalla on oletamus, että yhdyskäytäväreitittimen häiriöityessä kaikki muut LAN-verkon valvonnassa olevat laitteet ovat kunnossa ja häiriö johtuu ainoastaan yhdyskäytäväreitittimestä. LAN-verkon laitteita ovat muun muassa LAN-kytkimet. Tavoitteena muokkauksessa on luoda uusi käsittelytapa häiriönkäsittelyjärjestelmään, jonka avulla kyseisissä tilanteissa luodaan häiriötiketti ainoastaan yhdyskäytäväreitittimestä. Uudessa toimintatavassa LAN-verkon laitteesta luodaan häiriötiketti vasta, jos yhdyskäytäväreitittimen häiriönkorjauksen jälkeen kyseinen laite ei vielääkään vastaa kutsuihin.

Tällä menetelmällä voidaan vähentää automaatin luomien kertautuvien häiriötikettien määrää ja häiriötikettien kokonaismäärää. Lisäksi kyseiset kertautuvat häiriötikettit haittaavat viankorjauksen toimintaa, koska oletettavan vian lähteen eli yhdyskäytäväreitittimen häiriötiketti katoaa helposti LAN-verkon laitteiden häiriötikettien massaan. Täten voidaan esittää oletamus, että LAN-kertautuvat häiriötikettit poistava muutosehdotus voi toteuttaa osaltaan myös yhden tavoitteista eli parantaa myös SLA-viankorjauksen onnistumisprosenttia, koska viankorjaus kohdentuu tarkemmin häiriön lähteeseen.

LAN-kertautuvien häiriötikettien vähentämisen toteutuksen vaatimat muokkaukset toimintatapoihin tehtiin häiriönkäsittelyjärjestelmään (kts. Kuva 21). Ensimmäisenä luodaan tietokanta, johon sijoitetaan CMDB-tietokannasta löytyvien kaikkien LAN-laitteiden oletusyhdyskäytäväreitittimien osoitteet nopeaa hakua varten. Kyseiseen oletusyhdyskäytäväreitittintietokantaan tiedot päivitetään CMDB-tietokannasta haettavilla tiedoilla kerran päivässä. Häiriönkäsittelyjärjestelmä tarkistaa häiriön saapuessa onko kyseisellä laitteella tallennettuna oletusyhdyskäytäväreitittimen



osoitetta tietokantaan. Häiriön käsittelyä jatketaan normaalisti, jos oletusyhdyiskäytäväreitittimen osoitetta ei löydy. Jos oletusyhdyiskäytäväreitittimen osoite löytyy, tarkastetaan tällöin reitittimen saatavuus. Häiriötikettiä ei luoda, jos oletusyhdyiskäytäväreititin ei vastaa yhteydenottoihin. Häiriötiketin käsittelyä jatketaan normaalisti, jos oletusyhdyiskäytäväreititin vastaa normaalisti.



Kuva 21. LAN-kertauvien vähennyslogiikka

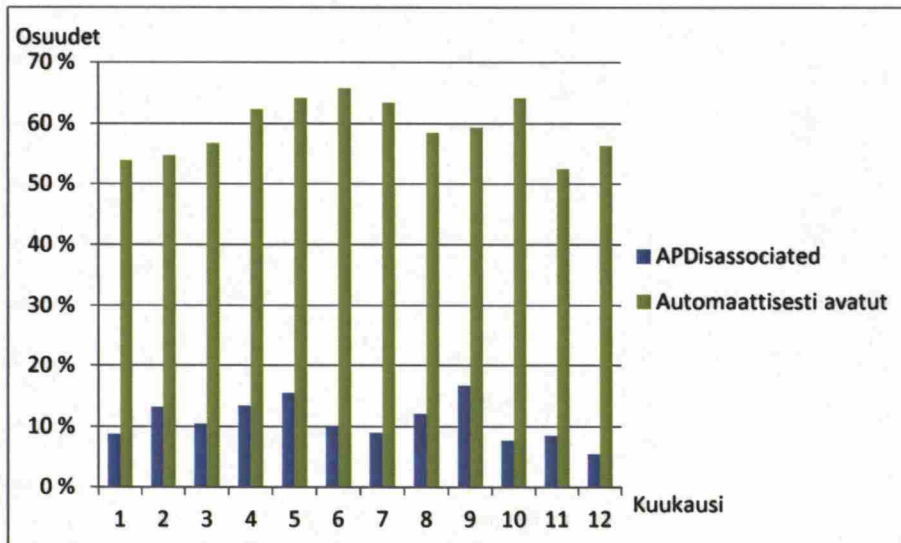
## 7.2 APDisassociated-häiriötikettien vähentäminen

APDisassociated-häiriö kuvaa tapahtumaa, jossa WLAN-ohjain (Wireless LAN Controller, WLC) menettää yhteyden WLAN-liityntäpisteeseen (engl. WLAN Access Point, WLAN-AP). WLC ilmoittaa yhteyden menetyksestä häiriönkäsittelyjärjestelmälle, joka luo häiriöstä APDisassociated-häiriötiketin. APDisassociated-häiriötikettejä luodaan usein suuria määriä kerrallaan, jos yhteys asiakkaan lähiverkkoon katoaa. APDisassociated-häiriöiden suhteen täytyy saada toteutettua samalla tavalla kuin LAN-kerrannaisten poistossa.

Erona APDisassociated-häiriöiden tapauksessa verrattuna LAN-kerrannaisiin on se, että WLAN AP-laitteita ei voi valvoa samalla tavalla kuin muita LAN-laitteita suoraan automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän Ping-tyyppisellä menetelmällä vaan valvonta tapahtuu WLC:n kautta SNMP:n ilmoitusviestien (engl. Trap) avulla. WLC lähettää APDisassociated-viestin Elisan verkonhallintaan, jos WLC havaitsee SNMP-ilmoitusviestien avulla WLAN-AP:n häiriöityneen. Automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän havaitessa APDisassociated-viestin ilmoitetaan häiriöstä häiriönkäsittelyjärjestelmälle, joka tekee häiriöstä tiketointijärjestelmän kautta häiriötiketin. APDisassociated-viestiin liitetään SNMP-ilmoitusviestin mukana tullut WLAN-AP:n nimi ja asiakkuuden LL-numero, jotka liitetään myös häiriötikettiin. APDisassociated-viestiin liitetään WLC:n asiakasnumero, jos WLAN-AP:n nimessä ei ole määritelty asiakkaan LL-numeroa.

Tätä häiriötikettien vähennysmenetelmää käyttäen voidaan vähentää automaattien luomien häiriötikettien kokonaismäärää ja vähentää kertautuvien häiriötikettien määrää.

Esimerkiksi toukokuussa 2011 ainoastaan yhden Elisan yritysasiakkaan lähiverkosta luotiin APDisassociated-häiriötikettejä tunnin sisällä noin 85 % keskimääräisestä kuukaudessa luotavasta APDisassociated-häiriötikettien määrästä. [47] APDisassociated-häiriötikettien ilmenemismäärien varianssi on suuri, koska vain pieni määrä lähteitä voi tuottaa niin suuren määrän häiriöviestejä. Täten APDisassociated-häiriöviestien määrä vaihtelee huomattavasti kausittain (kts. Kuva 22). Kyseisten häiriötikettien suodattaminen on erityisen tärkeää, koska kertautuvien tikettien vähentäminen on yksi Elisan sisäisistä tavoitteista.



Kuva 22. Automaattisesti avattujen häiriötikettien osuus kaikista häiriötiketeistä aikavälillä 1.1.2011 – 31.12.2011. [47]

APDisassociated-häiriöiden vähentämisessä käytettävä logiikka (kts. Kuva 23) ei voi olla samankaltainen kuin luvussa 7.1 esitelty LAN-kertautuvien vähennyslogiikka, koska WLC:n ja AP:n välillä olevan reitin varrella olevien laitteiden toimivuuden tarkistus ei ole yhtä yksinkertaista kuin LAN-kertautuvissa. Tämän muutosehdotuksen tavoitteena on ryhmitellä kaikki muut lyhyen ajan sisällä saapuvat APDisassociated-häiriötiketit kyseisen häiriötikettiryppään ensimmäisen häiriötiketin alitikeiksi ja siirtää kaikki alitiketit tikettiparkkityöjonoon. Täten otetaan suuri osa APDisassociated-häiriötiketeistä pois käsittelyjonoista sekä kertautuvien häiriötikettien mittarista. Päähäiriötiketin kuittaaminen tehdyksi kuittaa samalla myös muut tikettiparkkiin sijoitetut alihäiriötiketit.

### 7.2.1 Tikettiparkki

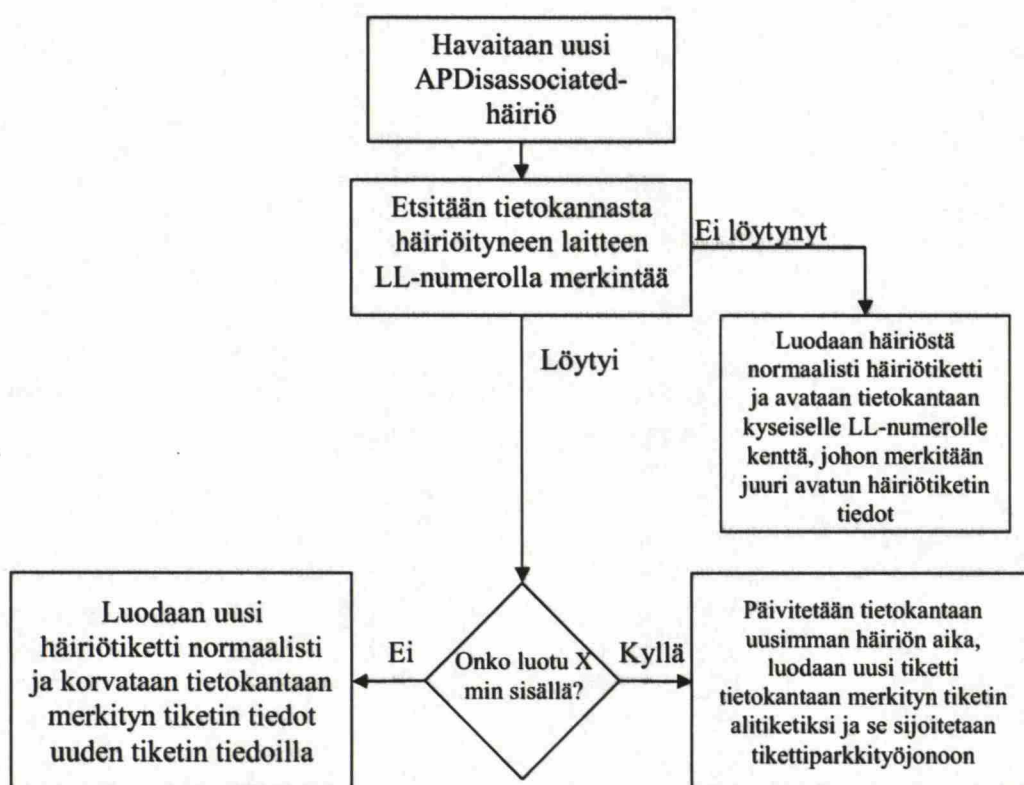
Tikettiparkin pääperiaate on toimia häiriötikettien säilytystilana, jotta niitä voidaan käsitellä erilaisten automaattisten häiriönkorjausten keinoilla ja estää kyseisten häiriötikettien suora kulkeutuminen manuaaliseen eli asiantuntijoiden tekemään viankorjaukseen. Tikettiparkkiin sijoitettavia häiriötikettejä voidaan pitää ennakoivina tiketteinä, koska kyseiset tiketit otetaan mahdollisesti manuaaliseen käsittelyyn vasta myöhemmin.



Häiriötiketti voi poistua tikettiparkista muutamalla eri tavalla. Ensimmäisenä häiriötiketti voidaan nostaa asiakaspalvelun toimesta käsittelyyn, jos asiakkaan ilmoittamasta häiriöstä on jo luotu häiriötiketti tikettiparkkiin. Asiakaspalvelun toiminta tehostuu, koska häiriöstä on jo luotu häiriötiketti sisältäen tarvittavat asiakas-, laite- ja häiriötiedot. Asiakaspalvelu päivittää häiriötiketin häiriötietoja asiakkaan ilmoittamilla tiedoilla ja siirtää häiriötiketin käsittelyjonoon. Toinen poistumistapa on häiriön poistuminen itsestään, jolloin häiriönkäsittelyjärjestelmä sulkee tiketin. Kolmas mahdollinen optio on tulevaisuudessa lisätyt häiriönkäsittelyjärjestelmän tekemät uudet häiriönkorjaustoimenpiteet avattuihin häiriötiketteihin, minkä seurauksena häiriö poistuu ja tiketti suljetaan.

## 7.2.2 Tietokanta

Häiriönkäsittelyjärjestelmä käsittelee häiriöitä yksi kerrallaan, joten APDisassociated-häiriöiden korrelaation huomaamiseksi se tarvitsee tuekseen erillisen tietokannan. Tietokantaan lisätään asiakkaan LL-numerokohtaisesti edellisen APDisassociated-häiriötiketin tiedot, jota käytetään hyväksi APDisassociated-häiriötikettien yhdistämisessä. APDisassociated-häiriötiketin saapueissa häiriönkäsittelyjärjestelmä tarkistaa tietokannasta edellisen kyseisestä LL-numerosta saapuneen APDisassociated-häiriötiketin saapumisajan. Jos kyseiselle LL-numerolle ei ole vielä merkitty tietokantaan APDisassociated-häiriötikettiä, luodaan uusi APDisassociated-häiriötiketti normaalisti sekä luodaan tietokantaan kyseiselle LL-numerolle uusi tietue, johon lisätään kyseisen APDisassociated-häiriötiketin tiedot. Jos tietokantaan merkitty edellinen häiriötiketti on luotu alle X minuuttia sitten, häiriönkäsittelyjärjestelmä päivittää tietokantaan saapumisajaksi uusimman tiketin saapumisajan, luo uuden tiketin kyseisen tiketin alitiketiksi ja se sijoitetaan tikettiparkki-työjonoon. Jos tietokannan edellinen häiriötiketti on luotu yli X minuuttia sitten, luodaan uusi häiriötiketti normaalisti ja korvataan tietokantaan merkitty häiriötiketti uudella häiriötiketillä. Aikavälin X määrittely suoritetaan myöhemmin osana tulosten analysointia.



Kuva 23. APDisassociated-kertauvien vähennyslogiikka.

### 7.3 Automaattisen valvonnan odotusaikojen muuttaminen

Häiriönkäsittelyjärjestelmän toimintakuvauksesta luvussa 4.3 nähdään, että automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän havaitseman häiriön käsittely aloitetaan yleensä 15 minuuttia häiriön havaitsemisajan jälkeen. Kyseisen 15 minuutin aikana automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä tarkistaa häiriöityneen laitteen tilan neljän minuutin välein eli kolme kertaa ennen kuin häiriönkäsittelyjärjestelmä aloittaa häiriö käsittelyn. Häiriönkäsittelyjärjestelmä lopettaa häiriön käsittelyn eikä luo häiriöstä häiriötikettiä, jos automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä havaitsee vian poistuneen näiden kolmen tarkistuksen aikana. Tässä luvussa käsitellään muutosta, jossa pidennetään häiriönkäsittelyjärjestelmän häiriön käsittelyn odotusaikaa. Muutoksen tavoitteena on estää hetkellisistä häiriöistä turhaan luotavat häiriötiketit ja täten vähentää automaatin luomien häiriötikettien määrää.

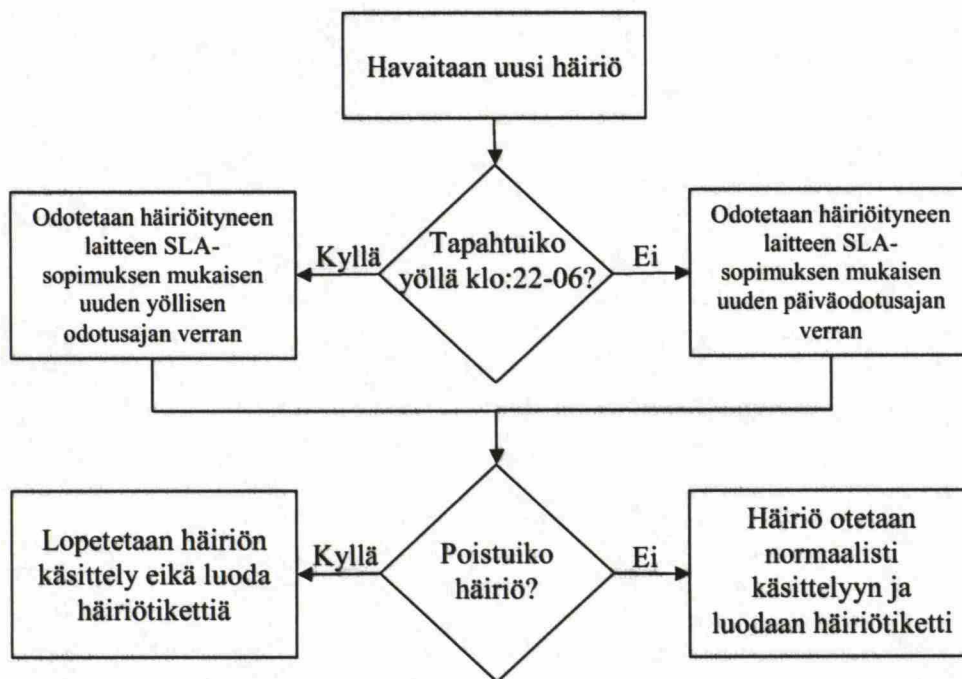
Asiakkaan ja Elisan välisessä SLA-sopimuksessa määritellään häiriönkorjauksen vasteaika, joka on käytännössä suurin mahdollinen odotusaika häiriön havainnoinnin ja häiriötiketin luonnin välillä. SLA-sopimuksen vasteaika määrää siis suurimman sallitun ajan, jonka häiriönkäsittelyjärjestelmän sallitaan odottavan ennen häiriön käsittelyyn ottamista ja tiketin luomista. SLA-sopimuksesta riippuen vasteajat ovat 15, 30, 60 ja 120 minuuttia. Peruspalveluluokan vasteaika on 8 tuntia, mutta kyseisen SLA-luokan häiriöt eivät ole tällä hetkellä automaattisen häiriötiketöinnin valvonnassa, joten ne voidaan jättää huomioimatta tässä tapauksessa. Lyhimmän vasteajan tapauksessa odotetaan jo tällä hetkellä koko 15 minuutin vasteaika ennen häiriön ottamista



käsittelyyn, mutta muissa vasteajoissa on mahdollista lisätä odotusaikaa. Häiriön odotusajan valinta täytyy siis tehdä asiakkaan SLA:n perusteella, jotta ei vaarannetta asiakkaan SLA:n toteutumista. Muita määrittäviä tekijöitä ovat häiriön ilmenemisaika ja SLA-sopimuksessa sovittu palveluaika. Useimpien SLA-sopimusten palveluaikaluokat ovat voimassa vain päiväsaikaan, minkä takia yöllisten häiriöiden odotusajat voivat olla vielä pidempiä kuin SLA:n mukaiset vasteajat.

Yöllä ja päivällä tapahtuville häiriöiden käsittelyille luodaan eri odotusajat, koska odotusaikojen muutosten vaikutukset ovat erilaiset päivällä ja yöllä. Yöllä odotusajan pidentäminen ei heikennä asiakkaan havaitsemaa palvelunlaatua, joten odotusajat voivat olla merkittävästi pitempiä. Useimmat SLA-sopimusluokat eivät tarjoa yöllistä valvontaa, jonka seurauksena mahdolliset asiantuntijan tekemät korjaustoimenpiteet suoritetaan vasta aamulla. Lisäksi useimmat asiakkaat eivät huomaa yöllä tapahtuvaa pidempää odotusta. Yöllisten muutosaikojen tapauksessa pyritään empiirisen tutkimuksen perusteella määrittämään nykyisen odotusajan ja SLA-sopimuksen vasteajan väliltä paras odotusaika. Päivällä tehtävä odotusajan pidennys voi vaikuttaa suoraan asiakkaan havaitsemaan palvelunlaatuun, koska korjaustoimenpiteisiin johtavissa häiriöissä odotusajan pidentäminen kasvattaa suoraan korjausajan ja häiriön vaikutusajan pituutta. Täten odotusajan pidentäminen täytyy olla huomattavasti maltillisempaa kuin yöllä. Empiirisen tutkimuksen perusteella määritetään optimaalinen kompromissi uudelle päivällä tapahtuvalle odotusajalle nykyisen 15 minuutin ja 30 minuutin välillä.

Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä ilmoittaa havaitusta häiriöstä häiriönkäsittelyjärjestelmälle, joka käynnistää häiriön käsittelyn odotusaikalaskurin (kts. Kuva 24). Häiriön tapahtuessa yöllä eli kello 22.00 ja 06.00 välisenä aikana häiriönkäsittelyjärjestelmä odottaa kyseisen häiriöityneen laitteen SLA-sopimuksen vasteajan perusteella valitun uuden yöllisen odotusajan verran. Häiriön tapahtuessa päivällä eli kello 06.00 ja 22.00 välisenä aikana häiriönkäsittelyjärjestelmä odottaa taas SLA-luokan mukaisen uuden odotusajan verran. Jos häiriö poistuu uuden odotusajan aikana, häiriön käsittely lopetetaan eikä häiriöstä luoda häiriötikettiä. Jos häiriö ei katoa odotusajan aikana, häiriö otetaan häiriönkäsittelyjärjestelmän toimesta normaalisti käsittelyyn.



Kuva 24. Häiriönkäsittelyjärjestelmän odotusajan muuttamisen logiikka.

## 7.4 Asiakaskohtaiset profiilit

Asiakaskohtaisten profiilien työstämisen tavoitteena on luoda omia yksilöllisiä häiriösuodatussehtoja kriteerit täyttävälle asiakkaille. Tässä työssä profiilien avulla pyritään poistamaan normaalista vian käsittelystä sellaiset häiriötiketit, joiden juurisyynä on valvottavien verkkolaitteiden sähköjen poiskytkentä asiakkaan toimesta esimerkiksi yön ajaksi. Profiilien käyttöä voi kuitenkin laajentaa tästä eteenpäin käyttämällä profiileja myös muiden epätoivottujen häiriötikettien suodatuksen, mutta tässä työssä kehitettyjä asiakaskohtaisia profiileja käytetään vain asiakkaan aiheuttamiin sähkökatkoihin. Tavoitteena on havaita kyseiset sähkökatkot asiakkaat ja suodattaa automaattisesti kyseisistä sähkökatkoista johtuvat häiriötiketit tikettiparkkityöjonoon sekä dynaamisesti valvoa sähkökatkoprofiilien oikeellisuutta.

### 7.4.1 Ilmiön ominaisuudet

Jotkut asiakkaat kytkevät sähköt usein pois päältä valvottavista laitteista yön ajaksi esimerkiksi säästääkseen sähköä. Tästä ilmiöstä aiheutuneet häiriötiketit luokitellaan usein kertautuviksi häiriötiketeiksi, koska tämä ilmiö on usein toistuvaa (kts. Taulukko 3). Taulukko 3 esittää yhden asiakkaan verkkolaitteista havaitut kertautuvat häiriötiketit aikavälillä 1.1.2012–31.1.2012 [49]. Kyseisen asiakkaan valvotuista verkkolaitteista on luotu lähes joka päivä automaattisen häiriönvalvonnan toimesta yksi kertautuva häiriötiketti. Häiriötikettien kellonaikoja ja päivämääriä tarkastellessa voi havaita viikonpäivien mukaan toimivan rytmin.



Tammikuun ensimmäinen päivä oli sunnuntai, joten asiakas oli oletettavasti sulkenut valvotun laitteen hieman aikaisemmin sunnuntain aukioloaikojen mukaan. Seuraavina viitenä arkipäivänä asiakas oli oletettavasti sulkenut verkkolaitteen myöhemmin. Tästä viikkorytmistä voidaan päätellä, että asiakasliittymä on käytössä oletettavasti jossakin kaupassa, joka on auki normaalin kaupan aukioloaikojen mukaan eli arkisin kello yhdeksään saakka ja viikonloppuisin kello kuuteen saakka. Kaupan sulun jälkeen on kulunut keskimäärin noin 47 minuuttia, kunnes verkkolaitteista kytketään sähköt pois. Tämä kaupan sulkemisen ja verkkolaitteiden sulkemisen välinen aika on hyvin samankaltainen joka päivä, mikä viittaa esimerkiksi kaupan sulun yhteydessä tehtäviin jokapäiväisiin rutiinitöihin. Pisin aikaviive on 49 minuuttia ja kolme sekuntia ja lyhin viive on 45 minuuttia ja 58 sekuntia. Tämän pienen aikaikkunan avulla voidaan varsin tarkasti havaita ja estää ne häiriöt, jotka johtuvan asiakkaan toimesta syntyneistä sähkökatkoista.

**Taulukko 3. Esimerkki valvotun verkkolaitteen sähköjen katkaisemisesta asiakkaan toimesta.**

Häiriökuvaus	Pvm	Aika	Avaaja
Down	1.1.2012	18:49:03	Automaattisesti avattu
Down	2.1.2012	21:47:19	Automaattisesti avattu
Down	3.1.2012	21:48:54	Automaattisesti avattu
Down	4.1.2012	21:48:36	Automaattisesti avattu
Down	5.1.2012	21:47:15	Automaattisesti avattu
Down	6.1.2012	21:46:31	Automaattisesti avattu
Down	7.1.2012	18:48:46	Automaattisesti avattu
Down	8.1.2012	18:47:20	Automaattisesti avattu
Down	10.1.2012	21:47:07	Automaattisesti avattu
Down	10.1.2012	10:59:10	Automaattisesti avattu
Vikailmoitus	10.1.2012	9:46:23	Manuaalisesti avattu
Down	11.1.2012	21:46:36	Automaattisesti avattu
Down	12.1.2012	21:47:35	Automaattisesti avattu
Down	13.1.2012	21:48:00	Automaattisesti avattu
Down	14.1.2012	18:47:23	Automaattisesti avattu
Down	15.1.2012	18:47:11	Automaattisesti avattu
Down	20.1.2012	21:47:14	Automaattisesti avattu
Down	21.1.2012	18:46:30	Automaattisesti avattu
Down	22.1.2012	18:47:55	Automaattisesti avattu
Down	23.1.2012	21:46:15	Automaattisesti avattu
Down	24.1.2012	21:46:56	Automaattisesti avattu
Down	26.1.2012	21:46:52	Automaattisesti avattu
Down	27.1.2012	21:46:10	Automaattisesti avattu
Down	28.1.2012	18:46:52	Automaattisesti avattu
Down	29.1.2012	18:45:58	Automaattisesti avattu
Down	30.1.2012	21:46:21	Automaattisesti avattu

## 7.4.2 Sähkökatkoprofiilien luonti

Asiakkaan toimesta tapahtuvat sähkökatkot ilmenevät usein pienen aikaikkunan sisällä riippuen viikonpäivästä ja asiakkaan aukioloajoista ja näiden avulla voidaan luoda suodatusaikaikkuna. Suodatusaikaikkuna lasketaan automaattisesti kerran kuussa kuluneen kuukauden häiriötikettitietojen pohjalta, jotta suodatus mukautuu asiakkaan mahdolliseen sähkökatkon rytmimuutokseen. Aikaikkunan luominen tapahtuu kolmessa vaiheessa, mitkä esitellään seuraavaksi.

Sähkökatkoprofiilien laskenta tehdään aina kuukauden vaihteessa, jolloin lasketaan edellisen kuukauden häiriötikettien perusteella seuraavan kuukauden sähkökatkoprofiilit ja niiden suodatusaikaikkunat. Ensimmäisenä tehtävänä on etsiä ne asiakkuudet, joista on luotu enemmän kuin minimiosajoukko Y:n verran häiriötikettejä. Toisessa vaiheessa etsitään asiakkaista ne, joiden verkkolaitteista on eri päivinä  $2 \times X$  minuutin mittaisen aikaikkunan sisään luotu häiriötikettejä. Ensimmäisen laskettavan aikaikkunan aloituspiste on X minuuttia ennen osajoukon ensimmäisenä saapuneen tiketin



luontiaika, ja lopetuspiste on X minuuttia myöhemmin. Laskenta toistetaan erikseen jokaisen saapuneen häiriötiketin luomisajalla ja aikaikkunaksi valitaan se aikaväli, jonka sisään mahtui eniten eri päivinä avattuja häiriötikettejä. Jos valitun aikaikkunan sisällä avattujen häiriötikettien kokonaismäärä on suurempi kuin minimiosajoukko Y, kyseiselle asiakkaalle luodaan sähkökatkoprofiili ja suodatusaikaikkunaksi asetetaan kyseinen aikaikkuna.

### 7.4.3 Toiminta

Sähkökatkoprofiilien käytöstä vastaa häiriönkäsittelyjärjestelmä, joka tarkistaa jokaisesta häiriöstä onko kyseisellä asiakkaalla sähkökatkoprofiilia ja osuiko kyseinen häiriö suodatusaikaikkunaan. Häiriötiketti avataan tikettiparkkityöjonoon (kts. luku 7.2.1), jos asiakkaalla on sähkökatkoprofiili ja häiriö on avattu suodatusaikaikkunan sisällä. Jos asiakkaalla ei ole sähkökatkoprofiilia tai häiriötä ei avattu suodatusaikaikkunan sisällä, häiriön käsittelyä jatketaan normaalisti.

Tikettiparkki eroaa normaalista käsittelyjonosta siten, että kyseisessä jonossa olevat häiriötiketit eivät mene automaattisesti asiantuntijoiden käsiteltäväksi. Tikettiparkista häiriötiketti voi poistua kolmella tavalla. Ensimmäinen ja toivotuin tapa on se, että häiriö katoaa, minkä seurauksena häiriönkäsittelyjärjestelmä sulkee tiketin. Toisessa menetelmässä asiakas ilmoittaa häiriöstä asiakaspalveluun, jonka seurauksena asiakaspalvelu päivittää häiriötikettiin asiakkaan kertomat tiedot ja nostaa häiriötiketin tikettiparkista asiantuntijoiden käsittelyyn. Kolmantena mahdollisuutena tulevaisuudessa lisätyt häiriönkäsittelyjärjestelmät käsittelevät ja sulkevat tikettejä.

Sähkökatkoprofiilin takia tikettiparkkiin laitettujen häiriötikettien asiakaspalvelun tekemiä häiriötikettien käsittelyjonoon tehtyjä siirtoja täytyy valvoa, koska siitä voidaan päätellä, että asiakasprofiilin ominaisuudet ovat muuttuneet kesken kauden tai asiakasprofiili on virheellinen. Asiakaspalvelun tekemän häiriötiketin noston jälkeen kyseisen asiakkaan asiakasprofiili täytyy ottaa pois käytöstä. Tällöin estetään virheellinen häiriötikettien suodatus ja muutoksiin voidaan dynaamisesti reagoida.

### 7.4.4 Hyödyt ja haitat

Tässä luvussa käsitellään asiakaskohtaisten sähkökatkoprofiilien hyviä ja huonoja puolia. Ensimmäisenä esitellään menetelmän toteuttamiseen johtaneet hyödyt, jonka jälkeen esitellään menetelmän haittapuolet. Kyseisistä hyödyistä ja haitoista selitetään niiden vaikutus sekä taustasyyt.

Asiakaskohtaisten sähkökatkoprofiilien suurimpina hyötyinä ovat kertautuvien ja käsiteltävien häiriötikettimäärien väheneminen. Tikettiparkin ominaisuudet ovat keskeisessä asemassa näiden toteutuksessa. Kaikki tikettiparkkiin siirretyt häiriötiketit luodaan prioriteetilla neljä, jonka takia kyseiset häiriötiketit eivät näy kertautuvien häiriötikettien raportilla. Lisäksi tikettiparkkiin luotavat häiriötiketit eivät mene automaattisesti asiantuntijoiden käsittelyyn, joka vähentää käsittelyyn menevien häiriötikettien määrää. Lisäksi tikettiparkkia voi käyttää hyväksi myös muissa kehitysehdotuksissa ja näiden avulla tikettiparkin valvonnan ja hallinnoinnin kulut voidaan jakaa useamman projektin kesken. Lisäksi sähkökatkoprofiilit luovat

monipuolisen pohjan asiakaskohtaisten automaattisten valvontaprofiilien luomiseen ja kehittämiseen.

Huonona puolena on suodatusaikaikkunan aikana tapahtuva kaikkien häiriötikettien suodattaminen. Automaatiikka ei pysty erottelemaan manuaalisesta sähkökatkosta aiheutuneita häiriöitä muista häiriöistä, minkä takia suodatusaikaikkunan aikana voidaan virheellisesti siirtää myös muita tikettejä tikettiparkkiin. Suodatusaikaikkunan pituutta säätämällä voidaan kuitenkin vaikuttaa tähän epätoivottuun ilmiöön. Toinen mahdollinen haittapuoli on automaattisen suodatusaikaikkunan etsinnässä tapahtuvat virheellisesti löydetty suodatusaikaikkunat. Jokin systemaattisesti toistuva häiriö voidaan automaatiikan avulla virheellisesti valita suodatusaikaikkunaksi, mutta tämän kaltaisia tilanteita pyritään dynaamisesti valvomaan seuraamalla asiakaspalvelun tekemiä häiriötikettien käsittelyyn nostoja tikettiparkista.



## 8 Manuaalisesti avattavien tikettien vähentäminen

Manuaalisesti avattavien tikettien määrän vähentäminen on keskeinen Elisan käytössä oleva muutostavoitemittari, koska se kuvaa asiakkaan havaitsemien häiriöiden vähentämistä. Tässä luvussa keskitytään vastaamaan toiseen luvussa 1.1 esiteltyyn tutkimuskysymykseen, jossa kysyttiin millä keinoin voidaan automatiikkaa lisäämällä vähentää manuaalisesti avattavien tikettien määrää ilman, että se lisäisi manuaalisesti käsiteltävien häiriötikettien määrää. Luvussa 8.1 esitellään SLA-suodatuksen ja tikettiparkkiin perustuva menetelmä ja luvussa 8.2 määritellään häiriötikettien luomissääntöjen muutosehdotus.

### 8.1 SLA-suodatus ja tikettiparkki

SLA-suodatuksen ja tikettiparkin pääperiaate luotiin tiedosta, että peruspalveluluokan asiakkaiden häiriöt eivät ole automaattisessa valvonnassa työn aloitushetkellä. Kyseisen palveluluokan häiriöt oli kytketty pois valvonnasta automatiikan käyttöönoton jälkeen, jotta tiukempien SLA-sopimuksien häiriöiden käsittelyä voidaan priorisoida. Tavoitteena SLA-suodatusmenetelmässä on lisätä peruspalveluluokan asiakkaat automaattisen valvontaan, mutta samalla pyritään toteuttamaan tutkimuskysymyksen vaatimus, että manuaalisesti käsiteltävien tikettien määrä ei kuitenkaan kasvaisi. Lisäksi tavoitteena on myös vähentää asiakkaan ilmoituksesta avattavien häiriötikettien määrää.

SLA-suodatuksen perusideana on suodattaa havaittuja häiriöitä niiden palveluluokan perusteella. Tätä menetelmää laadittaessa luotiin neljä eri vaihtoehtoista suodatusehtoa, joista yksi valittiin käyttöönottoon. Toinen keskeinen ominaisuus on tikettiparkki työjono (kts. luku 7.2.1), johon lisätään suodatusehtojen määräämät häiriötiketit.

#### 8.1.1 Suodatusehdot

Ensimmäisessä suodatusehdossa lisätään kaikki peruspalveluluokan tiketit tikettiparkkiin ja muut häiriöt tiketöidään normaalisti. Tällöin suoraan käsittelyyn menevien häiriötikettien määrä pysyy samana ja kaikki peruspalveluluokan häiriötiketit menevät suoraan tikettiparkkiin. Noin neljännes manuaalisesti luoduista häiriötiketeistä on luotu peruspalveluluokasta [48], joten voidaan olettaa tikettiparkin ennakoivien automaattisesti avattujen häiriötikettien määrän olevan neljäsosa automaattisesti avatuista häiriötiketeistä.

Toisessa suodatusehdossa peruspalveluluokan palveluajan ulkopuolella saapuneet häiriötiketit lisätään tikettiparkkiin ja palveluajalla saapuneet häiriötiketit menevät suoraan käsittelyyn. Palveluajan ja palveluajan ulkopuolisen ajan kokonaismääriä vertailemalla saadaan arvioitua, että suoraan käsittelyyn menee noin neljäsosa peruspalveluluokan automaattisista häiriötiketeistä ja kolme neljäsosaa menee tikettiparkkiin.

Kolmannessa suodatusehdossa sijoitetaan kaikista palveluaikaluokista palveluajan ulkopuoliset häiriötiketit tikettiparkkiin ja palveluajalla luodut häiriötiketit siirretään suoraan käsittelyyn. Tällöin vertailemalla eri palveluaikaluokkien palveluaikojen ja palveluaikojen ulkopuolisten aikojen kokonaismääriä saadaan arvioitua niin, että kaikista automaatin luomista häiriötiketeistä noin puolet menisi tikettiparkkiin ja noin puolet suoraan käsittelyyn.

Neljännessä vaihtoehdossa suodatusehto on samankaltainen kuin kolmannessa suodatusehdossa eli kaikki palveluajalla luodut häiriötiketit siirretään suoraan käsittelyjonoihin, mutta erovaisuutena palveluajan ulkopuolella havaitut häiriöt jätetään käsittelemättä kokonaan. Palveluajan ulkopuolella automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä ilmoittaa häiriöstä tarkastusaikavälin eli neljän minuutin välein häiriönkäsittelyjärjestelmälle, joka hylkää häiriön palveluajan ulkopuolella. Tällöin häiriöstä luodaan häiriötiketti enintään neljä minuuttia palveluajan alkamisen jälkeen.

Kyseisistä neljästä suodatusehdosta otettiin käyttöön ensimmäinen ehto, koska se ei vaikuttanut kenenkään asiakkaan nykyiseen palvelunlaatuun heikentävästi, se ei lisännyt suoraan käsittelyjonoon luotavien automaattisten häiriötikettien määrää. Toinen suodatusehto on toteutukseltaan hyvin samankaltainen kuin ensimmäinen, mutta ensimmäiseen ehtoon verrattuna se lisäsi suoraan käsittelyjonoihin luotavien automaattisten tikettien määrää. Etenkin muutosehdotuksen aloitusvaiheessa on hyvä ottaa käyttöön sellainen ehdotus, joka mahdollisesti epäonnistuessaan ei voi aiheuttaa haittaa nykyisille toiminnoille. Kolmas ja neljäs suodatusehdotus hylättiin, koska ne heikensivät kahden palveluaikaluokan asiakkaiden nykyistä palvelunlaatua.

### 8.1.2 Hyödyt ja haitat

Tässä luvussa esitellään ensin SLA-suodatuksesta ja tikettiparkista saatavat hyödyt Elisan sisäisten tavoitteiden kannalta tärkeysjärjestyksessä. Hyötyjen jälkeen esitellään muutoksesta seuraavat mahdolliset haitat. Tässä luvussa on otettu huomioon, että käyttöön on valittu ensimmäinen suodatusehto.

Tärkein hyöty SLA-suodatuksen käyttöönotosta on asiakkaan ilmoituksesta avattujen häiriötikettien vähennys, mikä muodostuu kahdella eri tavalla: häiriönkäsittelyjärjestelmän automaattiset korjaustoimet voivat korjata vian ennen kuin asiakas ehtii ilmoittaa häiriöstä tai käsittelyyn nostetaan asiakkaan pyynnöstä automaatin valmiiksi luoma häiriötiketti. Toisena hyötynä lisätään ennakoivaa viankorjausta, koska tikettiparkkiin laitettavat häiriötiketit kirjataan ennakoiviksi häiriötiketeiksi. Kolmantena etuna on asiakaspalvelun toiminnan tehostaminen, koska häiriötiketti on valmiina asiakastietoineen mahdollisessa vikatilanteessa ja asiakaspalvelu saa tikettimuotoisen vikahistorian myös peruspalveluluokasta. Muutoksen neljäs etu on lisätä peruspalveluluokan asiakkaat automaattisen vianhavaitsemisen ja -korjaamisen piiriin ilman, että lisätään suoraan käsittelyjonoihin menevien tikettien määrää. Tällöin voidaan vähentää käsiteltävien häiriötikettien määrää korjaamalla häiriöitä automaation avulla, ja käyttämällä vikaparkkia estetään hetkellisten häiriöiden manuaaliseen käsittelyyn joutuminen. Viidentenä hyötynä tikettiparkki tarjoaa mahdollisuuden tarkkailla peruspalveluluokan odotustilassa (engl. Pending) olevia häiriötä. Kuudentena hyötynä tikettiparkki tarjoaa myöhemmin



käyttöön otettavalle uudelle automaattiselle häiriönkäsittelyjärjestelmälle läpikäytävää tikettimassaa.

SLA-suodatuksen ja tikettiparkin käyttöön otosta voi seurata myös muutamia haittapuolia. Tikettiparkkia varten täytyy luoda uusi työjono, jotta suunnitelma voidaan toteuttaa. Työjonoa voi käyttää kuitenkin myös muiden menetelmien toteutuksessa (kts. luvut 7.2 ja 7.4), mikä helpottaa työjonon huoltotehtävien toteutusta. Kertautuvien häiriötikettien määrä kasvaa myös, mutta kyseiset häiriötiketit eivät näy kertautuvien tikettien raportissa, koska niiden prioriteetti on tarpeeksi pieni. Lisäksi tikettiparkin käyttöön otossa tulee huomioida monet raportointiin liittyvät kysymykset, kuten ilmoitetaanko asiakkaalle normaalisti viestillä siitä, että häiriö on otettu käsittelyyn, jos häiriötiketti on tikettiparkissa. Viimeinen mahdollinen haittapuoli on tikettiparkin mahdollinen paisuminen ja siihen liittyvät kysymykset. Tikettiparkkiin voi mahdollisesti kertyä isohkokin häiriötikettien massa, joka ei poistu millään ennalta mainittujen menetelmien avulla. Tällöin täytyy analysoida minkälaiset häiriötiketit jäävät kertymään tikettiparkkiin ja tutkia millä keinoin se voidaan estää. Häiriötikettien kertyminen voi johtua esimerkiksi jonkin järjestelmän virheellisestä toiminnasta tai odotustilassa olevasta häiriökorjauksesta. Analysoinnin avulla pystytään määrittelemään tarkemmin, mitä toimenpiteitä paisumisen estämiseksi tarvitsee toteuttaa. Lisäksi tikettiparkille täytyy määritellä omistaja, joka on vastuussa kyseisestä työjonosta.

### 8.1.3 Kehitysehdotukset

Tuotantoon oton jälkeen SLA-suodatuksen ja tikettiparkin toimintoja tulee analysoida ja tutkia miten niitä voisi parantaa. Mahdollisia kehitystyön aikana heränneitä kehityskohteita ovat suodatusehtojen parantaminen, häiriötikettien automaattinen nosto tikettiparkista käsittelyyn määrättyjen reunaehtojen toteutuessa ja tikettiparkin viankorjausautomaation kehittäminen. Tässä luvussa käsitellään kyseisiä kehitysehdotuksia.

Suodatusehtojen toimintaa tulee käyttöön oton yhteydessä analysoida, jotta tiedetään valitusta suodatusehdosta syntyvä häiriötikettien määrä. Havaittujen vaikutusten perusteella voidaan arvioida aiempaa tarkemmin muiden suodatusehtojen käyttöön oton vaikutuksia häiriötikettimääriin, joista voidaan päätellä onko käyttöön valittu oikea suodatusehto. Lisäksi analyysin perusteella tulisi pyrkiä kehittämään myös muita parannusehdotuksia suodatusehtoihin.

Häiriötikettien automaattista nostoa tikettiparkista käsittelyyn voidaan myös harkita määrättyjen reunaehtojen toteutuessa. Tällaisia reunaehtoja voi olla palveluajan alkaminen tai tietyn odotusajan ylittyminen. Lisäksi automaattisissa nostoissa voidaan myös toteuttaa priorisointia esimerkiksi tiettyjen asiakkuuden, häiriöityneen laitteen tyyppin tai häiriötyypin mukaan. Automaattisen noston lisäksi täytyy myös harkita häiriötikettien poistoa automaattisesti tietyn aikaikkunan jälkeen.

Tikettiparkin viankorjausautomaatio ei ole käyttöönottohetkellä merkittävän laaja, koska tikettiparkin häiriötiketit käsitellään ainoastaan häiriönkäsittelyjärjestelmän automaattisin korjaustoimenpitein. Tätä osa-aluetta tulee parantaa entisestään, jotta voidaan tehostaa tikettiparkin vaikutusta. Esimerkiksi tutkimuksen alla on uusi automaattinen viankorjausmenetelmä, joka parantaa myös tikettiparkissa olevien

häiriötikettien korjaustoimintojen määrää, joiden avulla saadaan vähennettyä asiakkaan ilmoituksesta avattavien häiriötikettien määrää ja häiriötikettien kokonaismäärää entisestään.

## 8.2 Häiriötikettien luomissääntöjen muuttaminen

Häiriötikettejä käytetään Elisan sisällä muidenkin toimintojen kuin verkon häiriönkorjauksen organisointiin. Häiriötikettimääriä käytetään kuitenkin erilaisten työtehokkuusmittareiden ja raporttien pohjana, joten kyseiset muiden tehtävien takia luodut häiriötiketit sekoittavat häiriönkorjauksen mitattavuutta. Muiden tehtävien takia luodut häiriötiketit ovat lisäksi manuaalisesti avattuja häiriötikettejä, joten ne lisäävät asiakkaan ilmoituksesta avattavien häiriötikettien laskumittaria. Tässä luvussa esitellään muita häiriötikettien avulla kuvattuja tehtäviä ja sitä millä muutoksilla kyseiset häiriötiketit saadaan poistettua raportoinnista. Tavoitteena tässä muutoksessa on ottaa pois kyseiset häiriönkorjaukseen kuulumattomat häiriötiketit sekoittamasta häiriönkorjauksen tehokkuusmittareita sekä niihin liitettyjä tavoitteita.

Häiriötikettejä käytetään monien erilaisten tehtävien kirjaamiseen. Vuoden 2011 häiriötikettilistauksesta [47] havaitaan kolme merkittävintä häiriötikettityyppiä, jotka eivät kuvaa verkossa tapahtuvaa häiriötä. Merkittävin kyseinen tyyppi on tilauksen tarkistus, jossa manuaalisesti luodulla häiriötiketillä kirjataan tehdyksi asiakkaan tilaaman uuden laitteen tai palvelun asennuksen toimivuuden tarkastaminen. Toinen merkittävä häiriötiketeillä kuvattava toiminto on asiantuntijatyö, jolla kuvataan asiakkaan tilaama asiantuntijatyö asiakkaan järjestelmässä. Kolmas häiriötikettityyppi on muu asennus, jolla kuvataan muita häiriönkorjaukseen riippumattomia asennuksia.

Kyseiset esiteltyt häiriönkorjaukseen riippumattomat häiriötyypit luodaan muutoksen jälkeen automaatin avulla ja siirretään tikettiparkkityöjonoon, josta ne eivät alhaisen prioriteetin takia näy kertautuvien häiriötikettien listauksissa tai mittareissa. Muuta toimintoa kuvaavaa häiriötikettiä manuaalisesti luotaessa sijoitetaan häiriötiketin avaajaa kuvaaviin kenttiin automaattia kuvaava tunnus ja luotu häiriötiketti siirretään tikettiparkkityöjonoon. Näin saadaan estettyä häiriötiketin joutuminen mihinkään häiriönkorjauksen tehokkuutta kuvaavaan raporttiin tai mittariin, jonka seurauksena häiriönkorjauksen tehokkuuden seurattavuutta parannetaan.



## 9 Automaatin avaamien tikettien vähentämiseen johtavien muutosten tulokset

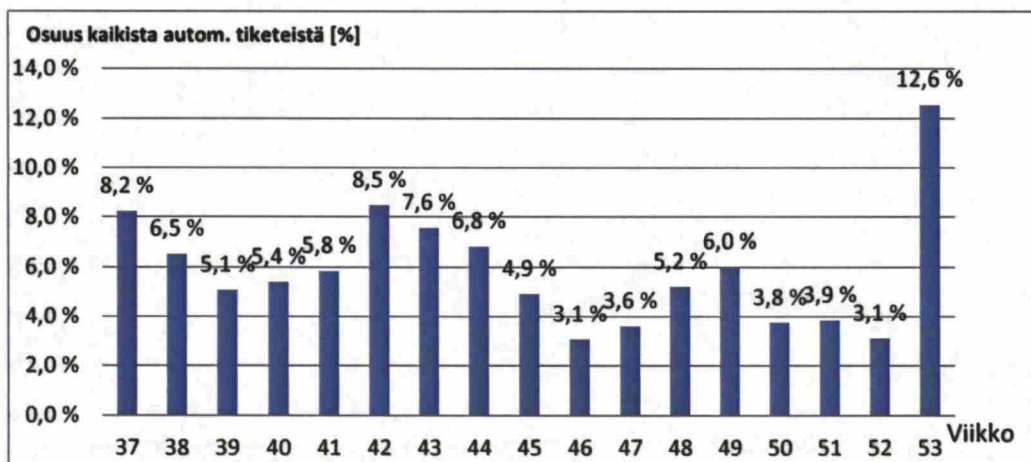
Tässä luvussa käydään läpi luvussa 7 esitellyt automaatin avaamien tikettien vähentämiseen keskittyneet muutosehdotukset. Muutosehdotusten havaitut vaikutukset käydään läpi yksitellen eri aliluvuissa. Muutosten toteutuksessa käytetyn Elisan IT-palvelupyynnöjärjestelmän hitauden takia kaikkia muutosehdotuksia ei ehditty toteuttaa työn aikana. Kaikista muutoksista esitetään kuitenkin niiden vaikutus häiriötikettilistauksia käyttäen riippumatta siitä onko muutos jo käytössä ja sen vaikutus on mitattavana häiriötikettilistauksista vai odottaako muutos vielä toteutusta, jolloin siitä esitetään häiriötikettilistauksien avulla laskettu odotettu vaikutus. Useissa tapauksissa häiriötikettilistauksien avulla voidaan tarkkaan määrittää muutoksen vaikutus tai vähintään muutoksen vaikutuksen alaraja.

### 9.1 LAN-kertautuvat häiriötiketit

Luvussa 7.1 esitelty LAN-kertautuvien häiriötikettien suodatus otettiin käyttöön viikolla 45 eli 7.11.2011 (kts. Kuva 25 ja Kuva 26). Muutoksen tavoitteena oli estää LAN-verkon laitteista luotavat häiriötiketit LAN-verkon reunalla sijaitsevan reitittimen häiriöityessä, koska reitittimen häiriöityessä mihinkään kyseisessä LAN:issa olevaan laitteeseen ei saada yhteyttä. Tässä luvussa esitellään kyseisen muutoksen seurauksena havaittu automaatin luomien häiriötikettien vähentyminen tarkastelemalla automaatin aikavälillä 1.9.2011–31.12.2011 luomia häiriötikettejä [50]. Kaikki tässä luvussa esitetyt häiriötikettimäärät esittävät automaatin luomia häiriötikettimääriä. Aikaikkunan kooksi on valittu kolme kuukautta, koska kyseisessä aikavälissä muutosta edeltävässä ja jälkeisessä ajanjaksossa ei havaittu suuria muutoksia keskimääräisissä tikettimäärissä. Jos aikaväliksi olisi otettu esimerkiksi koko vuosi 2011, saatuja tuloksia olisi vääristänyt kolmen ensimmäisen vuosineljänneksen aikana vaikuttanut automaattisesti luotavien häiriötikettien kasvutrendi.

Häiriötikettien viikoittaiset ja päivittäiset lukumäärät vaihtelevat paljon, mutta erilaisten muutosten vaikutukset pystytään havaitsemaan tarkastelemalla ilmiötä pidemmällä aikavälillä. Tarkasteltaessa aikaväliä viikosta 36 ja viikkoon 53 (kts. Kuva 25) voidaan havaita selkeä muutos viikoittaisessa häiriötikettien suhteellisen lukumäärän trendissä viikon 45 kohdalla, jolloin LAN-kertautuvien muutos otettiin käyttöön. Kyseisessä kuvassa esitellään viikkotasolla tarkasteltuna automaattisesti avattujen häiriötikettien määrä suhteessa koko tarkasteluvälillä havaittujen automaattisesti avattujen häiriötikettien määrään. Tarkasteltaessa eri aikavälien häiriötikettisuhteiden keskiarvoja havaitaan, että viikoilla 37–44 viikossa avattiin keskimäärin noin 6,7 % kaikista aikavälin automaattisista häiriötiketeistä ja LAN-kertautuvien muutoksen käyttöönoton jälkeen viikoilla 45–51 viikossa avattiin keskimäärin 4,2 % kaikista aikavälin automaattisista häiriötiketeistä. LAN-kertautuvien muutoksen seurauksena viikkotason automaattisten häiriötikettien määrässä havaitaan noin 2,6 prosenttiyksikköä

vähentyminen. Kyseinen vähennys vastaa noin 42,3 % kaikista automaatin avaamista häiriötiketeistä.

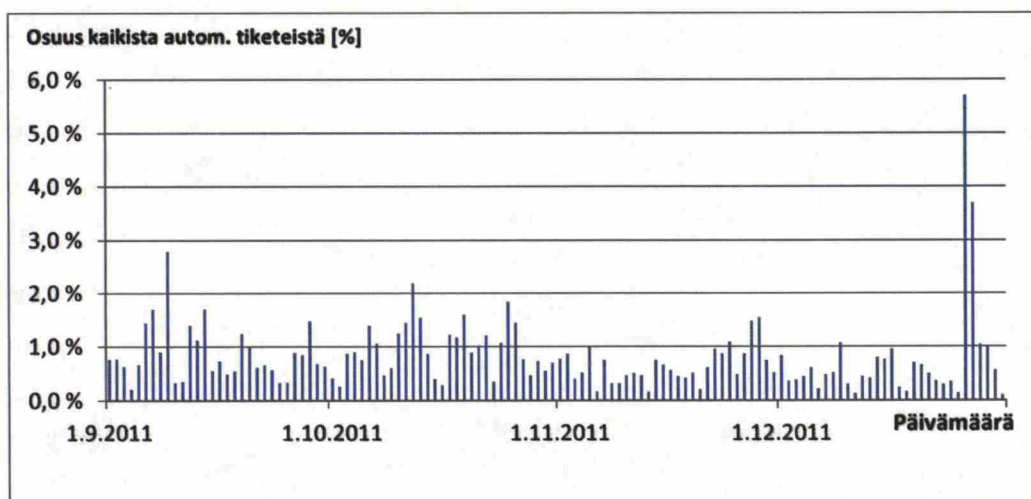


Kuva 25. Viikkotasolla automaattisesti avattujen häiriötikettien suhteelliset osuudet kaikista automaattisesti avatusta häiriötiketeistä, 5.9.2011–31.12.2011. [50]

Viikon 53 arvoa ei otettu huomioon laskuissa, koska siinä on vuoden vaihteen myrskyistä johtuneiden sähkökatkojen seurauksena luodut häiriötiketit ja lisäksi kyseisessä viikossa oli vain kuusi päivää. Kaikki epänormaalit lyhytkestoiset ilmiöt kuten esimerkiksi vuodenvaihteen myrskyn kaltaiset korkeat häiriötikettimäärät vääristävät liikaa tavallisia häiriötikettiä arvoja, joten niiden poistaminen tarkastelusta on toivottavaa. Lisäksi viikkoa 36 ei otettu huomioon, koska kyseisen viikon häiriötikettitiedot olivat vaillinaiset.

Tutkittaessa saman aikavälin häiriötikettimassaa päivän tarkkuudella (kts. Kuva 26) nähdään samanlainen automaatin luomien häiriötikettien vähentyminen alkaen päivästä 7.11.2011. Kyseisessä kuvassa esitellään päivätasolla automaattisesti avattujen häiriötikettien määrä suhteessa koko tarkasteluvälillä havaittujen automaattisesti avattujen häiriötikettien määrään. Päivittäisessä häiriötikettilistauksessa on selkeästi enemmän vaihtelua, joka muodostuu pienemmästä aikaikkunasta ja viikonpäivistä johtuvasta vaihtelusta. Lauantaisin ja sunnuntaisin avataan usein arkipäiviä selkeästi vähemmän häiriötikettejä SLA-palveluaikaluokkien takia. Tikettimääriä tutkimalla saadaan laskettua, että aikavälillä 1.9.2012–6.11.2011 päivittäinen automaatin avaamien häiriötikettien suhteellisen määrän keskiarvo on noin 0,9 % päivässä ja aikavälillä 7.11.2011–31.12.2011 noin 0,6 % päivässä. Kyseisissä laskutoimituksissa ei ole otettu huomioon vuodenvaihteen myrskyn seurauksena syntyneitä häiriötikettiä piikkejä päivinä 26.12.2011 ja 27.12.2011. Automaatin luomien häiriötikettien suhteellisessa määrässä havaittiin LAN-kertautuvien muutoksen seurauksena keskimäärin noin 0,3 prosenttiyksikön vähentyminen. Päivittäisestä graafista laskettu keskimääräinen vähentymä on pienempi kuin viikoittaisesta häiriötikettigraafista laskettu vähentymä, koska se sisältää tietoa myös viikoilta 35 ja 52. Päivittäisen taulukon pohjalta laskettu häiriötikettien vähenemisosuus on kuitenkin tarkempi laajemman lähdemäärän takia, minkä takia sitä käytetään jatkoanalyysissä.





Kuva 26. Päivätasolla automaattisesti avattujen häiriötikettien suhteelliset osuudet kaikista automaattisesti avatusta häiriötiketeistä, 1.9.2011–31.12.2011. [50]

Päivänäkymästä havaittu 0,3 prosenttiyksikön vähennys on merkittävä, koska se vastaa noin 32,9 % vähennystä automaatin avaamista häiriötiketeistä muutoksen käyttöönottoa edeltävään ajanjaksoon verrattuna (kts. Taulukko 4). LAN-kertautuvien häiriötikettien suodattaminen on ollut erittäin tärkeää, koska kyseinen suuri häiriötikettimassa pystyy hidastamaan ja häiritsemään asiantuntijoiden viankorjausta merkittävästi. Kaikki kyseisen muutoksen seurauksena tiketöimättä jääneet häiriöt johtuvat LAN-verkon reunalla olevan reitittimen vikaantumisesta, ja niiden tiketöimättä jättämisestä ei aiheudu haittaa viankorjaukseen tai asiakaskokemaan. Jos jokin LAN-laite on reitittimestä riippumattomasta syystä häiriöitynyt, kyseisen laitteen häiriöstä avataan automaatin toimesta häiriötiketti häiriöityneen reitittimen korjauksen jälkeen.

Taulukko 4. LAN-kertautuvien häiriötikettien muutoksen tulokset [50]

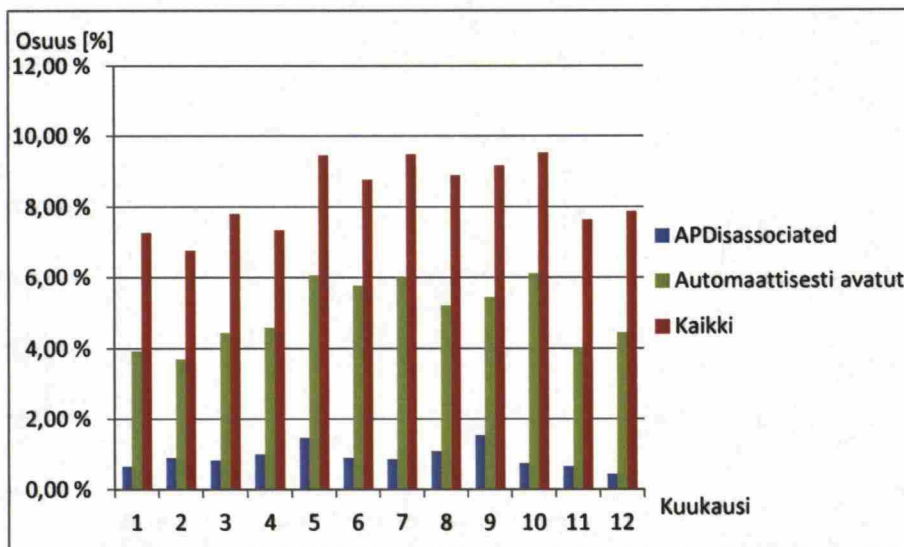
Aikaikkuna	Ennen ja jälkeen muutoksen prosenttiyksiköiden erotus viikossa	Vähennyksen osuus automaatin avaamista häiriötiketeistä
Viikkonäkymä	2,6 %	42,3 %
Päivänäkymä	1,9 %	32,9 %

## 9.2 APDisassociated-häiriötikettien vähentäminen

Luvussa 7.2 esitellyssä APDisassociated-häiriötikettien vähentämisen muutos-ehdotuksessa tavoitteena on siirtää merkittävä osa APDisassociated-häiriötiketeistä tikettiparkkityöjonoon, jotta kyseiset tiketit eivät ruuhkauta käsittelyjonoja. Häiriötikettiryppään ensimmäisenä havaittu häiriö tiketöidään normaalisti käsittelyjonoon. Seuraava APDisassociated-häiriötiketti merkitään käsittelyjonoon luodun häiriötiketin alitiketiksi ja siirretään tikettiparkkityöjonoon, jos se saapuu valitun ajan sisällä edellisen samaan asiakkuuteen saapuneeseen APDisassociated-häiriötikettiin verrattuna. Kyseinen muutospyyntö ei valmistunut tämän työn

toteutuksen aikana, mutta muutoksen vaikutukset pystytään esittämään tarkasti käyttäen häiriötikettilistauksia. Tässä luvussa käytetään vuoden 2011 häiriötikettilistausta tulosten esittelyn pohjana [47].

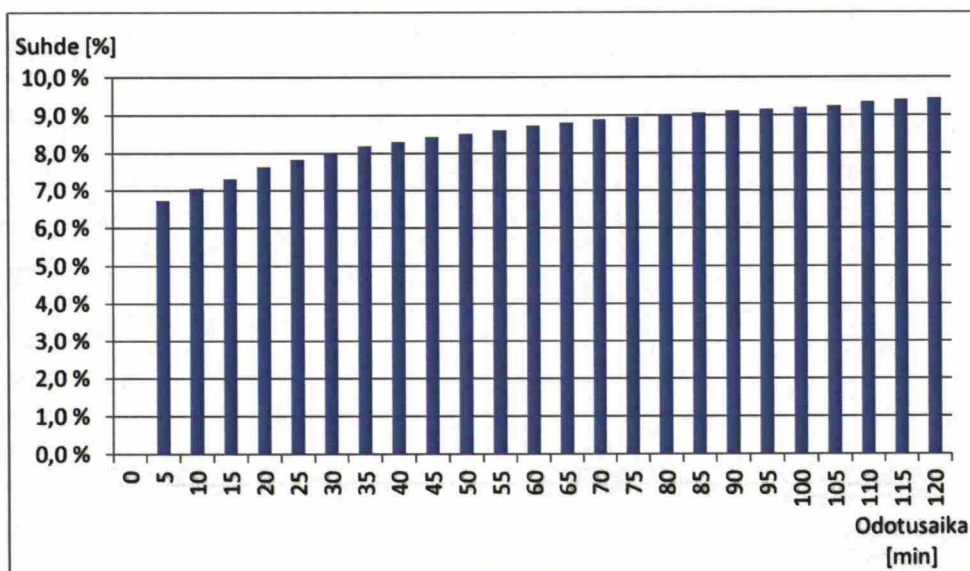
APDisassociated-häiriötiketti muodostuu, kun WLC ei saa yhteyttä LAN:ssa olevaan WLAN AP:een. WLC ilmoittaa häiriöstä automaattiselle häiriöiden havainnointijärjestelmälle, joka luo häiriönkäsittelyjärjestelmän avulla häiriöstä APDisassociated-tyyppisen häiriötiketin. Elisan hallinnassa olevalla WLC:llä voi olla valvonnassa enintään noin 150 eri WLAN AP:ta, minkä takia massahäiriön seurauksena voi ilmetä suuriakin määriä häiriötikettejä lyhyen ajan sisällä. Vertailtaessa erityyppisiä häiriötikettimääriä havaitaan, että noin 18,4 % vuonna 2011 automaattisesti avatuista häiriötiketeistä oli APDisassociated-häiriötikettejä ja noin 11,0 % kaikista vuoden 2011 häiriötiketeistä oli tilatiedoltaan APDisassociated-tyyppisiä (kts Kuva 27). Tästä voidaan päätellä, että APDisassociated-häiriötikettien vähennyksellä voidaan saavuttaa merkittäväkin muutos häiriötikettimäärässä.



Kuva 27. Kaikki tiketit, automaatin avaamat tiketit ja APDisassociated-tiketit. [47]

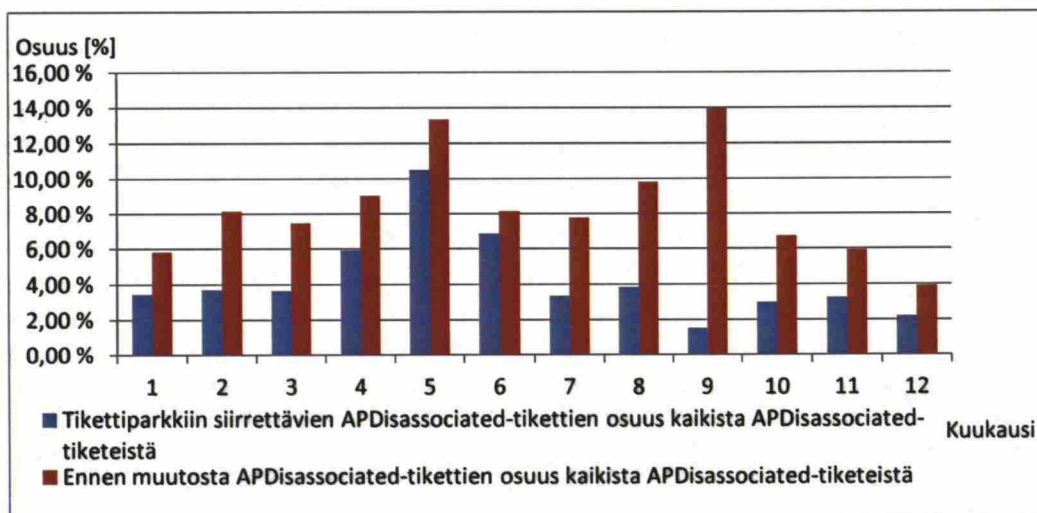
Ensimmäisenä tehtävänä on määritellä suurin mahdollinen odotusaika, jonka sisällä saapunut APDisassociated-häiriötiketti liitetään alitiketiksi ja siirretään tikettiparkkityöjonoon. Tarkastellessa odotusaikoja aikaväliltä 0 – 120 minuuttia havaitaan, että siirrettävien tikettien määrä ei kasva enää merkittävästi lähestyttäessä 120 minuutin rajaa (kts. Kuva 28). Odotusajan maksimiarvoksi valitaan täten 120 minuuttia, jotta mahdollisimman paljon häiriötikettejä saadaan yhdisteltyä yhden päätiketin alle. Toisaalta valittu odotusaika ei ole niin suuri, että se yhdistäisi eri häiriöitä yhteen [47].





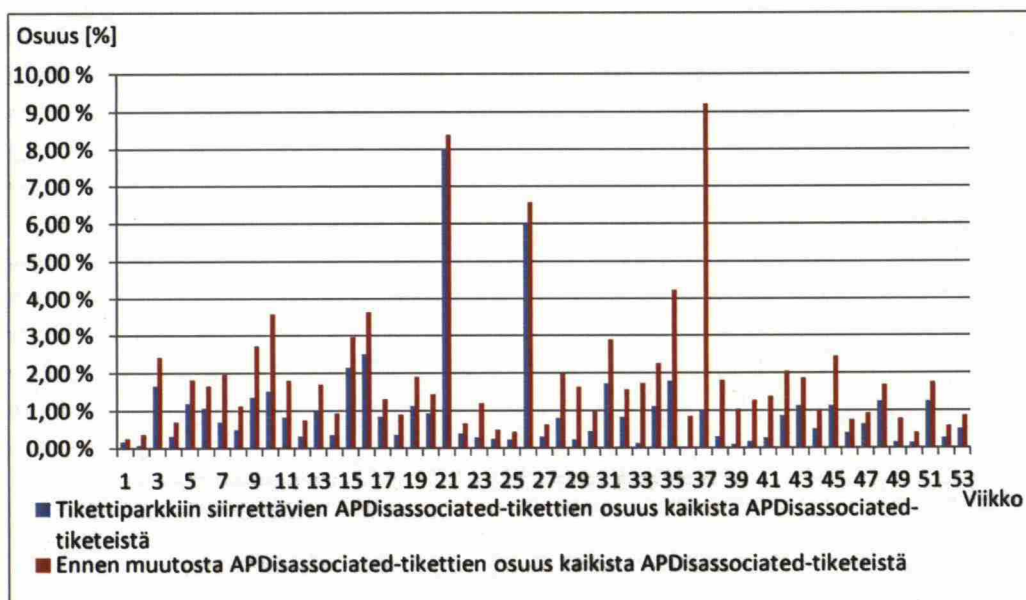
Kuva 28. Tikettiparkkiin siirrettävien APDisassociated-häiriötikettien suhde kaikkiin automaattisesti avattaviin tiketteihin. [47]

Kyseisestä vuoden 2011 häiriötikettimassasta voidaan laskea ne APDisassociated-häiriötiketit, jotka muutoksen seurauksena siirrettäisiin tikettiparkkityöjonoon (kts. Kuva 29). Ottamalla käyttöön kyseinen muutosehdotus saadaan vuodessa poistettua käsittelyjonoista noin 51,4 % kaikista APDisassociated-häiriötiketeistä, noin 9,4 % automaatin avaamista häiriötiketeistä ja noin 5,6 % kaikista häiriötiketeistä. Kuukausittaisesta näkymästä nähdään, että toukokuussa käsittelyjonoista saadaan siirrettyä merkittävä määrä häiriötikettejä. Tämä johtuu siitä, että merkittävä osa toukokuun APDisassociated-häiriötikettien määrästä aiheutui muutamasta eri asiakkuudesta, milloin muutosehdotuksen korrelointimenetelmä toimii tehokkaimmin. Syyskuussa avattiin myös suuri määrä APDisassociated-häiriötikettejä, joista saadaan siirrettyä vain pieni osa APDisassociated-häiriötiketeistä pois käsittelyjonoista. Kyseisten häiriötikettien lähteinä on suuri määrä eri asiakkuuksia, jolloin yhdestä asiakkuudesta avataan vain pieni määrä APDisassociated-häiriötikettejä, mistä johtuen muutosehdotuksen korrelointimenetelmä ei toimi niin tehokkaasti.



Kuva 29. Tikettiparkkiin siirrettävät APDisassociated-häiriötiketit, kuukausinäkömä. [47]

Viikkonäkymää tarkastellessa havaitaan selkeämmin APDisassociated-häiriöiden epäsäännöllisyys (kts. Kuva 30). Viikolla 21 ja 26 havaitaan selkeät piikit APDisassociated-häiriötikettien avausmäärässä, mistä muutoksen seurauksena suurin osa häiriötiketeistä siirtyy tikettiparkkityöjonoon. Etenkin viikkonäkymästä voi nähdä, että muutosehdotus vähentää hyvin käsittelyjonoihin siirrettävien häiriötikettien määrää etenkin suurien piikkien tilanteessa. Poikkeuksena on jo kuukausinäkömässäkin kommentoitu syyskuussa viikon 37 aikana tapahtunut APDisassociated-häiriötikettiä. Kyseinen häiriötiketti sisältää normaalia useammasta eri asiakkuudesta luotuja APDisassociated-häiriötikettejä, mistä voidaan päätellä, että suuri osa kyseisen aikavälin aikana luotujen häiriötikettien häiriöistä ovat erillisiä häiriöitä, eikä niitä täten saa yhdistää yhden päätiketin alle.



Kuva 30. Tikettiparkkiin siirrettävät APDisassociated-häiriötiketit, viikkonäkymä. [47]

Muutoksen seurauksena käsittelyjonoista siirretään tikettiparkkiin vuoden aikana yhteensä noin 51,4 % APDisassociated-häiriötiketeistä, noin 9,4 % automaattisesti



avattavista häiriötiketeistä ja noin 5,6 % kaikista häiriötiketeistä (kts. Taulukko 5). Kaikki muutoksen seurauksena tikettiparkkijonoon siirrettävät APDisassociated-häiriötiketit ovat kertautuvia, koska ne luodaan samasta asiakkuudesta alle 7 vrk sisään. Kyseinen kertautuvien häiriötikettien vähentyminen on merkittävä ja lisää APDisassociated-häiriötikettien käsittelyyn tehtävän muutoksen tärkeyttä.

**Taulukko 5. APDisassociated-häiriötikettien vähentämisen tulokset [47]**

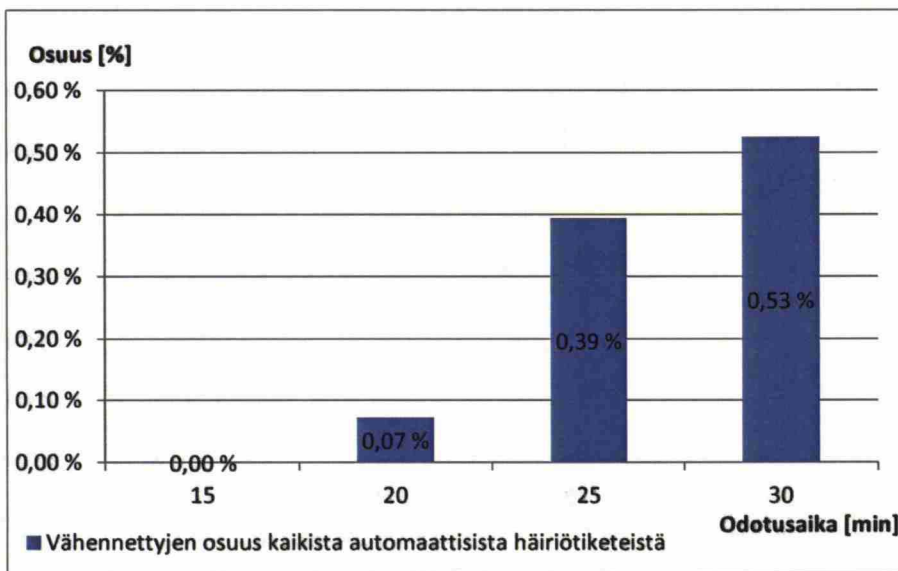
	Vähennyksen osuus APDisassociated- häiriötiketeistä	Vähennyksen osuus automaatin avaamista häiriötiketeistä	Vähennyksen osuus kaikista häiriötiketeistä
Häiriötiketit	51,4 %	9,4 %	5,6 %

### 9.3 Automaattisen valvonnan odotusaikojen muuttaminen

Häiriönkäsittelyjärjestelmä odottaa normaalissa tapauksessa häiriön havaitsemisesta 15 minuuttia ennen kuin ottaa häiriön käsittelyyn, jotta hetkellisistä yhteyshäiriöistä syntyneiden häiriötikettien lukumäärää voidaan vähentää. Kyseisen 15 minuutin aikana automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä ehtii tarkastamaan häiriöityneen laitteen saatavuuden kolme kertaa ja häiriön poistuessa häiriönkäsittelyjärjestelmä lopettaa häiriön käsittelyn eikä luo tapahtumasta häiriötikettiä. Tämän muutoksen tavoitteena on pyrkiä lisäämään odotusaikaa entisestään, jotta saadaan vähennettyä enemmän hetkellisistä häiriöistä johtuvien turhien häiriötikettien lukumäärää. Automaattisen valvonnan odotusaikojen muuttamisen muutosehdotus ei ehtinyt valmistua työn aikana, joten tulokset laskettiin olemassa olevista häiriötiketilistauksista [36].

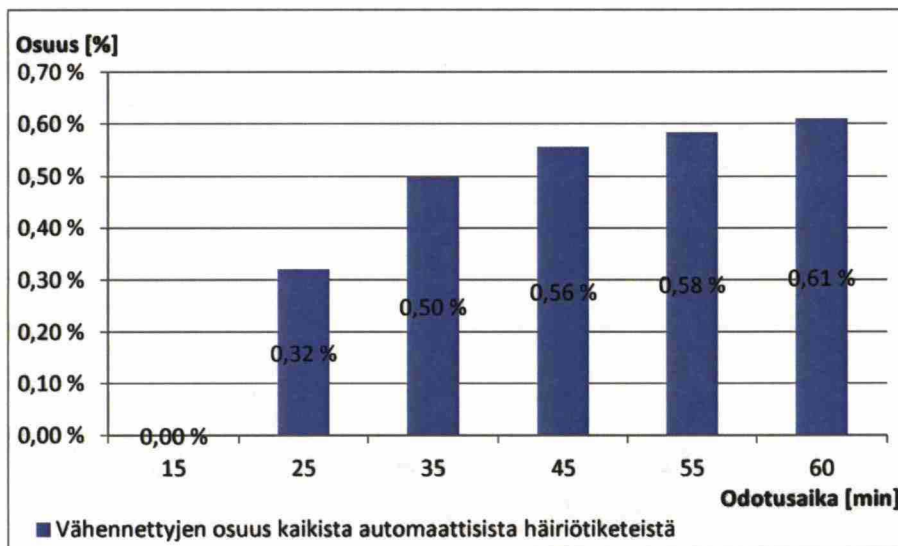
Käytetty uusi odotusaika riippuu häiriön ilmenemisajankohdasta ja häiriöityneen laitteen SLA-sopimuksen vasteajasta. Yöaikaan eli kello 22.00 ja 06.00 välillä käytetään pidempiä odotusaikoja ja päivällä eli kello 06.00 ja 22.00 välillä käytetään lyhyempiä odotusaikoja. SLA-sopimuksen vasteajat määräävät pisimmän mahdollisen ajan, jonka sisällä häiriöön täytyy reagoida luomalla häiriötiketti. Seuraavaksi määritellään jokaiseen SLA-vasteaikaluokkaan käytetty odotusaika päivälle ja yölle ja päätellään, kuinka suuri vähentävä vaikutus sillä on häiriötikettimääriin. Viidentoista minuutin vasteajan omaavien SLA-sopimusten häiriöiden odotusaikoihin ei tehdä muutoksia.

Ensimmäisenä käsitellään yöaikaan 30 minuutin vasteajalla olevien häiriöiden odotusaikoja (kts. Kuva 31). Esitellyssä graafissa kuvataan vuodessa tapahtuvaa häiriötikettien vähennystä odotusajan suhteen. Kasvatettaessa odotusaikaa viiden minuutin askelin havaitaan 25 minuutin kohdalla merkittävä vähennyksen kasvu, minkä jälkeen 30 minuutin kohdalla vähennyksen kasvu on jo tasaantunut. Tämän muutosehdotuksen 30 minuutin vasteajan häiriöiden odotusajaksi valitaan 25 minuuttia, koska tämä tarjoaa jo kohtalaisen häiriötikettien vähennyksen ja viiden minuutin puskurajan ennen kuin SLA-sopimuksen määräämä odotusaika ylittyy. Kahdenkymmenenviiden minuutin odotusajalla vuosittainen laskettu häiriötikettien vähennys on noin 0,4 % kaikista automaattisesti avatuista häiriötiketeistä. [36]



Kuva 31. Häiriötikettien vähentymä vuodessa, vasteaika 30 minuuttia, yö. [36]

Tunnin vasteajallisten häiriöiden odotusajan suhteen havaittavat häiriötikettien vähenemismäärät on esitelty samalla tavalla kuin 30 minuutin vasteajan tapauksessa (kts. Kuva 32). Viiden minuutin askelin kasvatettujen odotusaikojen häiriötikettivähentymistä voidaan päätellä, että vähentyvien häiriötikettien kasvu tasaantuu selkeästi lähestyttäessä tunnin odotusaikaa. Käyttäen samaa viiden minuutin turvaväliä valitaan 60 minuutin vasteajalla olevien häiriöiden uudeksi odotusajaksi 55 minuuttia, jolloin vuositasolla mitattuna häiriötikettien vähentymä on noin 0,6 % kaikista automaattisesti avatuista häiriötiketeistä. [36]

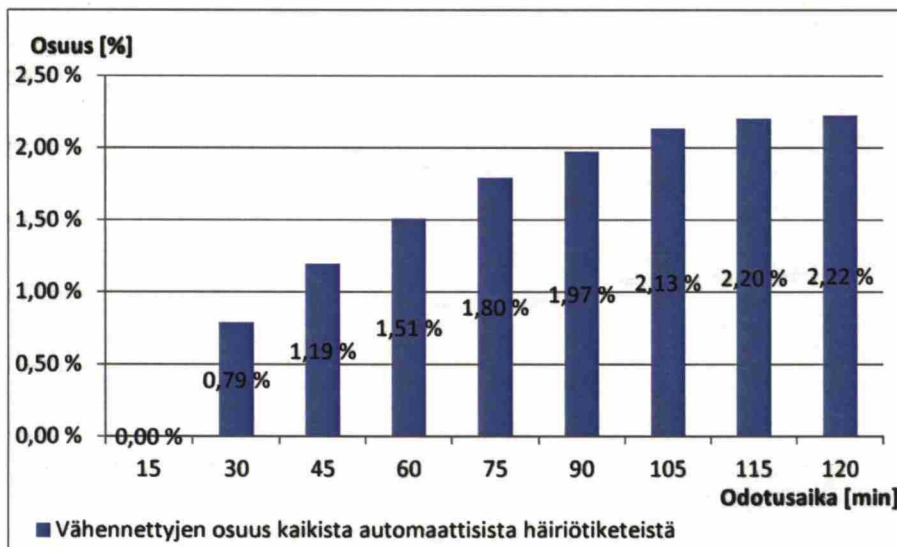


Kuva 32. Häiriötikettien vähentymä vuodessa, vasteaika 60 minuuttia, yö. [36]

120 minuuttiin vasteajan tapauksessa havaitaan, että häiriötikettien vähentymät kasvavat suuremmiksi kuin 30 tai 60 minuutin tapauksissa (kts. Kuva 33). Lähestyttäessä 120 minuutin odotusaikaa häiriötikettien vähentymän kasvu pienenee merkittävästi. Uudeksi odotusajaksi valitaan tässä tapauksessa 115 minuuttia, koska tämä tarjoaa jälleen

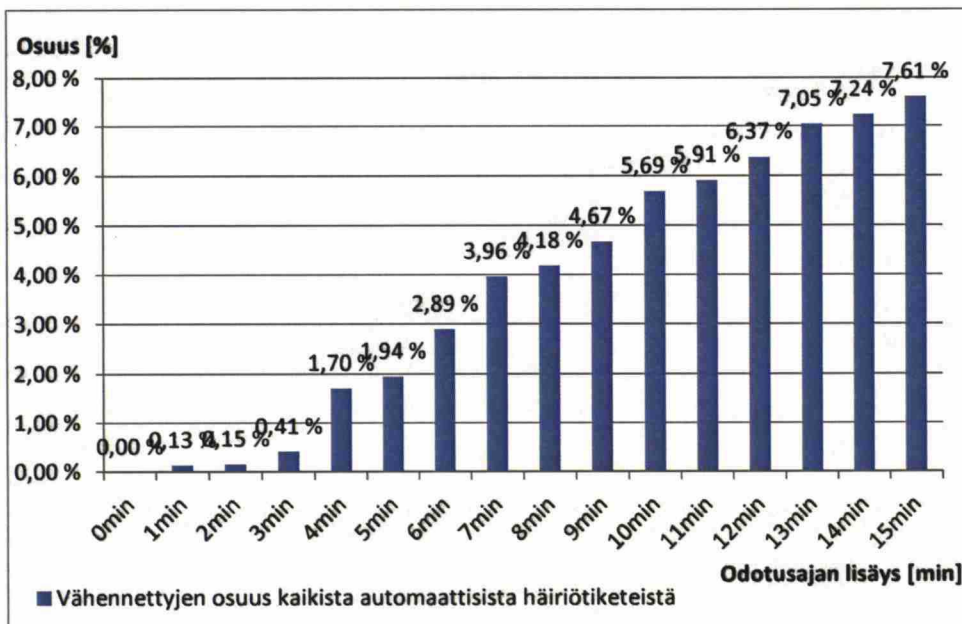


parhaimman häiriötikettien vähennysmäärän ja se säilyttää viiden minuutin turvavälin SLA-sopimuksen määräämään suurimpaan mahdolliseen odotusaikaan. Käyttäen 115 minuutin odotusaikaa saadaan aikaiseksi vuositasolla tarkasteltunan noin 2,2 % vähennys kaikista automaattisesti avatuista häiriötiketeistä. [36]



Kuva 33. Häiriötikettien vähentymä vuodessa, vasteaika 120 minuuttia, yö. [36]

Kaikki yli 15 minuutin vasteajan häiriöt päädytään yhdistämään päivällä yhteen odotusajaluokkaan, koska tehtävän odotusajan pidennyksen täytyy olla silloin huomattavasti yöllä tehtyä pidennystä varovaisempaa. Päivällä käytettävän odotusajan määrittelyssä tutkitaan 15 ja 30 minuutin välillä olevien odotusaikojen vaikutuksia häiriötikettien lukumäärään (kts. Kuva 34). Odotusaikojen pienemmän porrastuksen takia voidaan havaita noin neljän minuutin välein tapahtuvana häiriötikettien vähennyksen merkittävä kasvu, joka johtuu automaattisen häiriöiden havainnointijärjestelmän neljän minuutin välein tekemän yhteyden tilan tarkistuksesta. Uudeksi päivällä käytettäväksi odotusajaksi valitaan 7 minuutin lisäys eli 22 minuuttia, koska se tarjoaa merkittävän häiriötikettien vähennyksen ilman, että odotusaikaa kasvatetaan merkittävästi. Suuremmalla odotusajalla voisi vähentää merkittävästi enemmän avattavien häiriötikettien määrää, mutta tällöin ongelmaksi muodostuu odotusajan kasvun seurauksena asiakkaan havaitseman palvelunlaadun heikentyminen. Valittu 22 minuutin odotusaika on hyvä kompromissi nykyisen 15 minuutin ja suurempien odotusaikojen välillä, koska tällöin odotusajan kasvusta ilmeneviä haittavaikutuksia saadaan pidettyä kurissa ja näin kuitenkin merkittävä määrä häiriötikettejä vähenee. Valitulla 22 minuutin odotusajalla saadaan vähennettyä noin 4,0 % kaikista automaattisesti avatuista häiriötiketeistä. [36]



Kuva 34. Häiriötikettien vähentymä vuodessa, kaikki yli 15 minuutin vasteajat, päivä. [36]

Yöaikaan vuodessa vähennetyistä häiriötiketeistä noin kolme sataa eli noin 0,8 % kaikista automaatin avaamista häiriötiketeistä kuuluu SLA-palveluaikaluokkaan, jossa valvonta on voimassa myös yöaikaan [36]. Yöllisen palveluajan omaavista häiriötiketeistä ilmoitetaan keskellä yötä soittorobotin avulla päivystävälle asiantuntijalle, joka käsittelee ja korjaa häiriöt. Yöllä käsiteltäväksi otettavien häiriötikettien määrä tulee minimoida, koska asiantuntija joutuu heräämään jokaisen ilmoitetun häiriötiketin takia. Soittorobotti ei ilmoita yöllä asiantuntijoille niistä häiriötiketeistä, joiden palveluaika ei ole voimassa. Tämän muutoksen avulla vähennetään noin kolme sataa mahdollisesti asiantuntijalle yöllä ilmoitettavaa häiriötikettä.

Vasteajan lisäksi myös palveluaika määrittelee kuinka pitkiä odotusaikoja voidaan käyttää eri SLA-palveluluokissa. SLA-sopimuksen palveluaika määrittelee aikavälit, jolloin kyseisen SLA-sopimuksen omaavan asiakkuuden laitteet ovat valvonnassa ja voidaan tehdä korjaustoimenpiteitä. Useimmat SLA-palveluaikaluokat ovat yöllä pois valvonnasta, sekä viikonloppuisin valvonta on vähäisempää. Tämän ominaisuuden seurauksena jatkokehitysideana kannattaa tutkia, kuinka vasteaikoja pidemmät odotusajat vaikuttavat häiriötikettien vähennykseen yöllä tai viikonloppuisin niissä tapauksissa, kun palveluaika ei ole voimassa. Tässä työssä havaitaan, että häiriötikettivähennys tasaantuu odotusajan lähestyttäessä vasteaika, mistä voidaan päätellä, että odotusajan kasvattuksesta saatava hyöty ei ole merkittävä vasteajan jälkeen. Jatkotutkimuksena kannattaa analysoida pitääkö kyseinen päätelmä paikkansa, jotta saadaan tietää kannattaako kyseinen lisämuutos toteuttaa. Jättämällä palveluajat huomioimatta saadaan myös yksinkertaistettua muutoksen toteutusta.

Yöllä tehtävien odotusajan muutoksien avulla saadaan vähennettyä yhteensä 3,2 % kaikista automaattisesti avattavista häiriötiketeistä (kts. Taulukko 6). Päivällä odotusajan muutoksen seurauksena vähennetään yhteensä 4,0 % automaattisesti avatuista häiriötiketeistä. Kaikista käytetyn häiriötikettilistauksen häiriötiketeistä ei



ollut merkitty SLA-sopimusta, mutta kyseisistä häiriötiketeistä poistuu vuositason arviolta noin 0,6 % automaattisesti avatuista häiriötiketeistä olettaen, että yöllä ja päivällä laskettujen tikkettien vähennysprosentit pätevät myös kyseisissä häiriötiketeissä. Yhteensä muutosehdotus vähentää noin 7,8 % kyseisenä aikana automaatin avaamista häiriötiketeistä.

**Taulukko 6. Automaattisen valvonnan odotusajan muuttamisen tulokset [36]**

	Uusi odotusaika	Vähennyksen osuus kaikista automaatin avaamista häiriötiketeistä
Yöllä vasteaika 15 min	15 min	-
Yöllä vasteaika 30 min	25 min	0,4 %
Yöllä vasteaika 60 min	55 min	0,6 %
Yöllä vasteaika 120 min	115 min	2,2 %
Päivällä vasteaika 15 min	15 min	-
Päivällä muu vasteaika	22 min	4,0 %
SLA:ta ei merkitty	-	0,6 %
<b>Yhteensä</b>	<b>-</b>	<b>7,8 %</b>

## 9.4 Asiakaskohtaiset profiilit

Asiakaskohtaisissa profiileissa asiakkaan tekemiä sähköön manuaalisia katkaisuja tutkitaan ja kyseisestä ilmiöstä avattavat häiriötiketit pyritään siirtämään tikkettiparkkityöjonoon. Asiakkaan tekemät manuaaliset sähkökatkot havaitaan luomalla asiakkaille sähkökatkoprofiileja. Jos asiakkaan laitteista on kuukauden aikana luotu vähintään 15 eri päivänä saman 20 minuutin aikaikkunan sisällä häiriötiketti, luodaan asiakkaalle sähkökatkoprofiili kyseisellä sähkökatko-aikaikkunalla. Profiili lasketaan kerran kuukaudessa uudestaan ja se on voimassa yhden kuukauden. Asiakkaan ilmoittaessa sähkökatkoprofiilin takia tikkettiparkkiin siirretystä häiriöstä, häiriötiketti siirretään tikkettiparkista käsittelyyn ja sähkökatkoprofiili poistetaan käytöstä, koska profiilin oletetaan olevan viallinen.

Profiilin luonnissa käytetään minimiosajoukon kokona 15 häiriötikettiä ja aikaikkunan kokona 20 minuuttia. Aikaikkuna alkaa kymmenen minuuttia ennen algoritmin tarkastelemaa aikaa ja päättyy kymmenen minuuttia tarkasteltavan ajan jälkeen. Asiakaskohtaisten profiilien ja sähköön manuaalisten katkojen muutostyö ei ehtinyt valmistua diplomityön aikana, joten tulosten arvioimiseen käytetään olemassa olevaa kertautuvien häiriötikettien listausta aikavälillä 1.1.2012–31.1.2012 [49]. Muutoksen tulosten tarkka arvioiminen ei ole mahdollista, mutta häiriötikettilistauksen perusteella pystytään määrittelemään muutostyön vaikutusten tiukka alaraja.

Tutkittaessa tammikuun 2012 kertautuvaa häiriötikettilistausta havaitaan, että kahdesta asiakkuudesta luodaan yhteensä 1,7 % kaikista automaattisesti avattavista häiriötiketeistä, jotka luomisaikojen perusteella siirretään tikkettiparkkityöjonoon (kts. Taulukko 7). Kyseisten häiriötikettien siirto vähentää samalla myös kertautuvien häiriötikettien määrää, koska tikkettiparkkiin siirretyt prioriteetilla neljä merkityt häiriötiketit eivät näy kertautuvien häiriötikettien raporteissa. Asiakaskohtaisten profiilien seurauksena käsittelyjonoista ja kertautuvien häiriötikettien raporteista poistetaan noin 1,9 % kaikista kertautuvista häiriötiketeistä.

**Taulukko 7. Asiakaskohtaisten sähkökatkoprofiilien tulokset [49]**

	Vähennyksen osuus automaatin avaamista häiriötiketeistä	Vähennyksen osuus kaikista kertautuvista häiriötiketeistä
Sähkökatkoprofiilin takia tikettiparkkiin siirretyt häiriötiketit	1,7 %	1,9 %



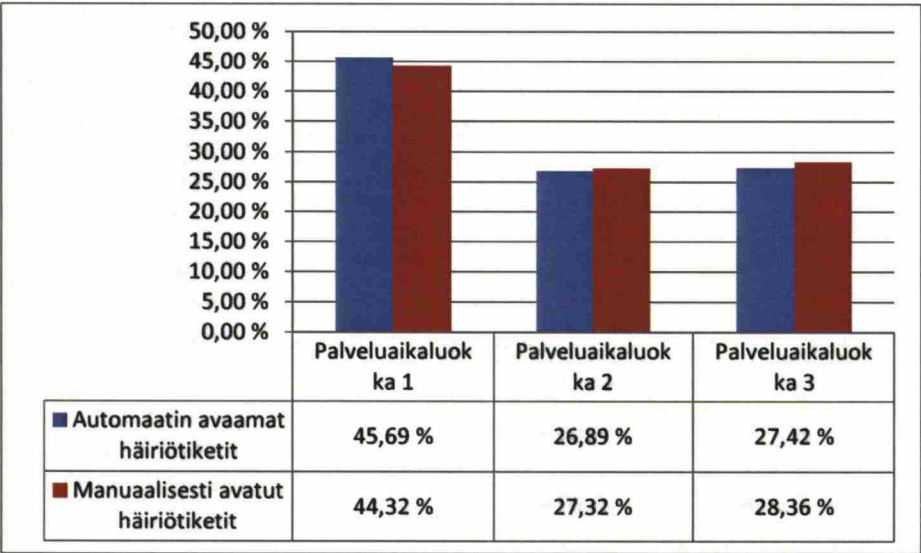
## **10 Manuaalisesti avattavien tikettien vähentämiseen johtavien muutosten tulokset**

Manuaalisesti avattavien tikettien määrää vähentävät muutokset liittyvät keskeisesti toiseen tutkimuskysymykseen. Tässä luvussa analysoidaan luvussa 8 esiteltujen muutosehdotusten vaikutuksia. Muutosehdotusten toteutusmenetelmän hitauden takia kaikkia muutosehdotuksia ei ehditty toteuttaa diplomityölle varatun aikavälin sisällä, joten toteuttamattomien muutosten vaikutukset esitellään käyttämällä hyväksi olemassa olevia häiriötikettilistauksia. Kyseisistä listauksista voidaan laskea muutoksesta riippuen tarkka muutosten vaikuttamien tikettien määrä tai vähintään muutosten vaikuttamien häiriötikettien ala- tai yläraja. Toteutettujen muutosten tapauksessa analysoinnissa käytetään häiriötikettilistauksia, jossa muutoksen vaikutukset näkyvät.

### **10.1 SLA-suodatus ja tikettiparkki**

SLA-suodatuksen ja tikettiparkin keskeisenä tavoitteena on poistaa häiriönkäsittelyjärjestelmästä suodatus peruspalveluluokan häiriöille ja lisätä kyseisen palveluluokan häiriöt automaattivalvontaan ilman, että käsittelyjonoihin kulkeutuvien häiriötikettien määrä kasvaa. Muutosehdotuksessa keskeisessä osassa on tikettiparkki, jonne peruspalveluluokan häiriötiketit siirretään odottamaan. Kyseisten häiriötikettien häiriöitä yritetään korjata automaattisin keinoin häiriönkäsittelyjärjestelmän menetelmillä sekä tulevilla viankorjausjärjestelmillä.

Automaattisesti luotavien peruspalveluluokan häiriötikettien määrän arvioimiseksi aikavälin 19.11.2012–29.12.2011 [48] manuaalisesti luotujen häiriötikettien määriä ja niiden suhteita tarkastellaan (kts. Kuva 35). Verratessa muiden kuin peruspalveluluokan manuaalisesti ja automaattisesti luotujen häiriötikettien suhteita havaitaan, että kyseiset häiriötikettien suhteet ovat samankaltaisia ja keskimääräinen prosentuaalinen ero suhteissa on vain noin 0,9 %. Tulevissa laskennoissa oletetaan, että estimoidun peruspalveluluokan automaattisten häiriötikettien määrän virhemarginaali on noin 0,9 %.



Kuva 35. Manuaalisesti ja automaattisesti avattavien häiriötikettien väliset suhteet. [48]

Tarkasteltaessa manuaalisesti avattujen perushäiriötikettien määrää verrattuna muiden palveluluokkien häiriötikettien määrään havaitaan, että perusluokka kattaa noin 26,0 % manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä ja muut SLA-luokat luovat loput noin 74,0 % manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä. Kyseisen noin 26,0 % suhdeluvun avulla voidaan laskea arvio automaattisesti luotavista perusluokan häiriötikettien määrästä. peruspalveluluokan tikkettiparkkityöjonoon lisättävien häiriötikettien määrä vastaa arviolta noin 35,2 % automaatin avaamista häiriötiketeistä ennen muutosta ja noin 26,0 % automaatin avaamista häiriötiketeistä muutoksen jälkeen.

Tutkittavan ajanjakson aikana korjaustoimenpiteisiin johtavia häiriötikettejä on noin 10,3 % kaikista automaatin avaamista häiriötiketeistä [48]. Tästä voidaan päätellä, että noin 10,3 % kyseisistä automaattisesti avatuista peruspalveluluokan häiriötiketeistä etenee korjaustoimenpiteisiin kyseisellä ajanjaksolla. Olettaen asiakkaan ilmoittavan ennen pitkää jokaisesta korjausta vaativasta häiriöityneestä liittymästä, niin manuaalisesti avattujen tikkettien määrä vähenee suoraan näiden korjaukseen johtavien automaattisesti luotavien häiriötiketit verran. Kyseisten korjattavien automaattisesti avattujen häiriötikettien määrä vastaa noin 8,1 % kaikista manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä (kts. Taulukko 8).

Taulukko 8. SLA-suodatuksen ja tikkettiparkin tulosten aikavälin muunto

Tikkettiparkkiin luotavien tikkettien osuus kaikista autom. tiketteihin ennen muutosta	Tikkettiparkkiin luotavien tikkettien osuus kaikista autom. tiketteihin muutoksen jälkeen	Tikkettiparkkiin luotavien häiriötikettien määrän virhemarginaali	Manuaalisesti avattujen häiriötikettien vähennyksen määrä verrattuna kaikkiin man. tiketteihin
35,2 %	26,0 %	0,9 %	8,1 %

10.2 Häiriötikettien luomissääntöjen muuttaminen

Häiriötikettien luomissääntöjen muuttamisen taustalla on tavoite, että kaikki häiriöihin liittymättömät häiriötiketit poistetaan häiriötikettiraporteista ja erilaisista häiriötikettimääriä käyttävistä tehokkuusmittareista. Kyseiset häiriötiketit merkitään



avausvaiheessa automaatin avaamiksi ja sijoitetaan tikettiparkkityöjonoon, jotta kyseisiä häiriötikettejä ei lasketa manuaalisesti avatuiksi ja ne eivät näy esimerkiksi kertautuvien häiriötikettien mittareissa. Häiriötikettien luomissääntöjen muuttaminen ei tullut käyttöön diplomityön aikana, joten tarkka häiriötikettien vaikutusmäärä esitetään olemassa olevan häiriötiketilistauksen avulla [47].

Muutosehdotuksen seurauksena häiriötiketit, joiden tilatietona on tilauksen tarkistus, asiantuntijatyö tai muu asennus, siirretään pois käsittelyjonosta. Vuositasolla tarkasteltuna tilauksen tarkistus häiriötikettejä avataan manuaalisista tiketeistä noin 7,2 % ja kaikista häiriötiketeistä noin 2,9 %. Asiantuntijatyö häiriötikettejä avataan noin 1,0 % manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä ja noin 0,4 % kaikista häiriötiketeistä. Muu asennus häiriötikettejä avataan taas vuoden aikana noin 0,3 % manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä ja kaikista häiriötiketeistä noin 0,1 %. Yhteensä kyseisistä kolmesta häiriötikettityypistä avataan vuodessa noin 8,5 % manuaalisista häiriötiketeistä ja noin 3,4 % kaikista kyseisenä ajanjaksona avatuista häiriötiketeistä. Kaikki kyseiset manuaalisesti avatut häiriötiketit muutetaan muutosehdotuksen seurauksena automaatin avaamiksi ja laitetaan tikettiparkki-työjonoon. Lisäksi kyseisellä muutoksella saadaan poistettua noin 3,3 % tarkasteltavista kertautuvista häiriötiketeistä, koska tikettiparkkiin siirrettäviä häiriötikettejä ei oteta huomioon kertautuvien häiriötikettien mittareissa alhaisen prioriteetin takia.

**Taulukko 9. Häiriötikettien luomissääntöjen muutoksen tulokset [47] [49]**

Häiriötiketin tilatieto	Vähennyksen osuus manuaalisista häiriötiketeistä	Vähennyksen osuus kaikista häiriötiketeistä	Osuus kaikista kertautuvista häiriötiketeistä
Tilauksen tarkistus	7,2 %	2,9 %	0,6 %
Asiantuntijatyö	1,0 %	0,4 %	2,0 %
Muu asennus	0,3 %	0,1 %	0,7 %
<b>Yhteensä</b>	<b>8,5 %</b>	<b>3,4 %</b>	<b>3,3 %</b>

## 11 Muutoksien vaikutuksien analysointi

Tässä luvussa kerätään yhteen kaikki työn empiirisessä osassa esiteltyjen muutosten vaikutukset ja analysoidaan tulosta organisaatiossa. Tulosten analyysissa otetaan huomioon etenkin tutkimustavoitteissa esitetyt häiriötikettien määrän vähentäminen, kertautuvien häiriötikettien määrän vähentäminen ja SLA-viankorjauksen onnistumisprosentin parantaminen. Lisäksi analyysin avulla pyritään vastaamaan erityisesti tutkimus- ja apukysymyksien esittämiin kysymyksiin.

### 11.1 Ensimmäinen tutkimuskysymys

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä kysyttiin, miten automaatin avaamien häiriötikettien määrää voidaan vähentää ilman, että asiakaskokema tai tiketteihin perustuva tiedotus siitä kärsii. Työn muutosehdotusten keskeisinä menetelminä manuaalisten häiriötikettien poistamiseen on ollut häiriötikettien siirtäminen tikettiparkkiin, nykyisten järjestelmässä olevien menetelmien hienosäätäminen ja korreloivien häiriötikettien poistaminen. Tässä luvussa analysoidaan kuinka hyvin työn muutokset vastaavat ensimmäiseen tutkimuskysymykseen.

Tikettiparkin keskeisenä ideana on mahdollistaa häiriötikettien automaattinen avaaminen ilman, että kyseiset automaattisesti avatut häiriötiketit menevät suoraan asiantuntijoiden käsittelyjonoihin. Täten saadaan luotua automaattisesti häiriötikettejä, jotka eivät ruuhkauta asiantuntijoiden työjonoja tai kasvata alhaisen prioriteetin takia esimerkiksi kertautuvien häiriötikettien raportoitavaa määrää. Tikettiparkkityöjonoon avattujen häiriötikettien häiriöitä voidaan kuitenkin yrittää korjata käyttäen automaattisia menetelmiä. Tikettiparkin käyttöönoton toinen hyöty on, että häiriötikettien luontiin perustuva raportointi toimii tikettiparkin kanssa yhtä hyvin kuin tapauksessa, missä häiriötiketit luotaisiin suoraan käsittelyjonoihin. Häiriötiketin luomisella tikettiparkkiin vältetään kaikki ongelmat, jotka syntyvät häiriötikettien tiketöimättä jättämisestä.

Korrelaatiossa keskeisenä toimintona on häiriöiden korrelaatioiden havaitseminen ja korrelaation perusteella tehtävät muutokset häiriöiden automaattiseen tiketöintiin. LAN-kertautuvien häiriötikettien tapauksessa päätetään, että häiriön juurisyy on häiriöitynyt reititin, jolloin mistään kyseisen reitittimen takana olevasta häiriöityneestä LAN-laitteesta ei luoda häiriötikettiä niin kauan kun reititin on häiriöitynyt. LAN-kertautuvien häiriötikettien muutoksen tapauksessa tiketöintiin perustuva raportointi ei häiriinny, koska LAN:in reunalla olevasta reitittimestä luodaan häiriötiketti. APDisassociated-häiriötikettien korrelaation tapauksessa päähäiriötiketin lisäksi muut häiriötiketit luodaan kyseisen päähäiriötiketin alihäiriötiketeiksi ja kyseiset alihäiriötiketit avataan tikettiparkkityöjonoon. Tällöin kyseisien häiriötikettien häiriöinformaatio säilyy, mutta ne eivät tukkeuta käsittelytyöjonoja.

Kaikista automaattisesti avatuista häiriötiketeistä saadaan vähennettyä sähkökatkoprofiilien avulla noin 1,7 %, automaattisen valvonnan odotusajan muutosten



avulla noin 7,8 %, APDisassociated-häiriötikettien vähennyksellä noin 9,4 % ja LAN-kertautuvien häiriötikettien vähennyksellä noin 32,9 % (kts. Taulukko 10). Yhteensä häiriötikettien vähennys vastaa noin 51,8 % kaikista automaattisesti avatuista häiriötiketeistä ja noin 34,1 % kaikista häiriötiketeistä. Selkeästi suurimman vähennyksen aiheutti LAN-kertautuvien häiriötikettien käsittelyn muutos, joka on ainoa kyseisestä neljästä muutosehdotuksesta, joka on otettu diplomityön aikana käyttöön. APDisassociated-häiriötikettien korreloinnista ja automaattisen valvonnan odotusaikojen muutoksista aiheutuu myös merkittävä häiriötikettien vähentyminen, mutta sähkökatkoprofiilien tapauksessa häiriötikettien vähennys jäi muita pienemmäksi. Sähkökatkoprofiilien tapauksessa muutosehdotuksen pohjana toimivaa asiakaskohtaista profilointia voidaan laajentaa kattamaan myös muitakin ilmiöitä, jolloin sähkökatkoprofiilien käyttöönotosta saatava hyöty kasvaa.

**Taulukko 10. Automaattisesti avattujen häiriötikettien vähentäminen**

<b>Muutokset</b>	<b>Vähennyksen osuus automaattisesti avatuista häiriötiketeistä</b>	<b>Vähennyksen osuus kaikista häiriötiketeistä</b>
Sähkökatkoprofiilit	1,7 %	1,0 %
Automaattisen valvonnan odotusajan muutokset	7,8 %	5,7 %
APDisassociated-häiriötikettien vähentäminen	9,4 %	5,6 %
LAN-kertautuvien häiriötikettien vähentäminen	32,9 %	21,8 %
<b>Yhteensä</b>	<b>51,8 %</b>	<b>34,1 %</b>

Eri muutostöiden vaikutuksia vertailtaessa on hyvä pitää mielessä, että kyseisten muutoksien vaikutukset ovat laajempia kuin kuvatut automaattisesti avattavien häiriötikettien vähenemiset. Esimerkiksi sähkökatkoprofiilien pohjalta voidaan kehittää lisää asiakaskohtaisia profiileja ja automaattisen valvonnan odotusajan muutoksen seurauksena voidaan vähentää asiantuntijoiden yöllä korjattavien häiriötikettien määrää. Muutosehdotusten esittelyissä luvuissa 7 ja 8 on selvitetty laajemmin eri muutosten yksilölliset hyödyt ja haitat.

Automaattisesti avattavien suoraan käsittelyjonoihin menevien häiriötikettien vähentäminen yli 50 % on erittäin merkittävä parannus, joka vaikuttaa merkittävästi viankorjauksen korjausmäärään. Muutoksen merkittävyyttä lisää se, että muutokset on onnistuttu suunnittelemaan siten, että ne eivät vaikuta haitallisesti olemassa oleviin raportointimenetelmiin. Häiriötikettien vähennys vaikuttaa myös häiriökorjauksen työmäärään, jonka avulla häiriökorjauksesta riittää enemmän aikaa myös ennakoivaan ongelmanhallintaan. Tällöin kerrannaisten vaikutusten seurauksena muutosten vähennykset voivat olla vielä tässä luvussa esitettyjä vähennyksiä suurempia.

## 11.2 Toinen tutkimuskysymys

Toisena tutkimuskysymyksenä kysyttiin, miten automaattista valvontaa tehostamalla voidaan vähentää manuaalisesta avattujen häiriötikettien määrää ilman, että manuaalisesti käsiteltävien häiriötikettien määrää lisätään. Työssä vastataan kyseiseen tutkimuskysymykseen käyttämällä hyväksi tikettiparkkia automaation tasoa nostaessa ja tarkastelemalla manuaalisesti luotavien häiriötikettien luomissääntöjä.

Tikettiparkkityöjono on myös yksi toisen tutkimuskysymyksen keskeisiä ratkaisumenetelmiä. Tikettiparkkia käyttämällä voidaan kasvattaa automaattisen valvonnan luomien häiriötikettien määrää turvallisesti ilman, että manuaalisesti käsiteltävien häiriötikettien määrä kasvaisi. SLA-suodatus ja tikettiparkkimuutosehdotuksessa otetaan myös peruspalveluluokasta havaitut häiriöt mukaan automaattiseen häiriövalvontaan, jolloin kaikki kyseisestä palveluluokasta luodut häiriötiketit avataan tikettiparkkityöjonoon. Tikettiparkkiin siirrettyjen häiriötikettien häiriöitä pyritään korjaamaan käyttämällä automaattisia menetelmiä. Manuaalisesti avattujen häiriötikettien määrä vähentyy, koska automaattisten korjausten seurauksena häiriöitä voidaan korjata ennen kuin asiakas ehtii ilmoittamaan häiriöstä tai asiakas ilmoittaa häiriöstä, josta on luotu jo häiriötiketti tikettiparkkiin. Tikettiparkkityöjono toimii siis täysin automaattisesti vähentäen manuaalisesti avattujen häiriötikettien määrää.

Häiriötikettien luomissääntöjen muutosten keskeisenä tavoitteena on pyrkiä poistamaan epätoivotut häiriötiketit käsittelyjonoista, raportoinnista ja häiriötikettejä käyttävistä mittareista. Häiriötikettejä käytetään tilausten tarkistuksen, asiantuntijatyön ja muun asennuksen merkitsemiseen. Muut toiminnot käyttävät häiriötikettejä merkitsemisessä, koska häiriötiketin avulla voidaan helposti kuvata toiminnon toteututusta ja toimintojen kuvaukset siirtyvät häiriötikettien perusteella tehtyjen raporttien avulla asiakkaalle. Tämän takia kyseisiä manuaalisesti luotuja häiriötikettejä ei siirretä kokonaan pois häiriötiketeistä vaan merkitään automaatin avaamiksi häiriötiketeiksi ja siirretään tikettiparkkityöjonoon.

Manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä saadaan vähennettyä SLA-suodatus ja tikettiparkki muutosehdotuksen avulla noin 8,1 % ja häiriötikettien luomissääntöjä muuttamalla noin 8,5 % (kts. Taulukko 11). SLA-suodatus ja tikettiparkin vähennys vastaa noin 2,2 % kaikista häiriötiketeistä ja häiriötikettien luomissääntöjen muutoksen vähennys vastaa noin 3,4 % kaikista häiriötiketeistä. Yhteensä kyseiset vähennykset vastaavat noin 16,6 % manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä ja noin 5,6 % kaikista häiriötiketeistä.

**Taulukko 11. Manuaalisesti avattujen häiriötikettien vähentäminen**

Muutokset	Vähennyksen osuus manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä	Vähennyksen osuus kaikista häiriötiketeistä
SLA-suodatus ja tikettiparkki	8,1 %	2,2 %
Häiriötikettien luomissääntöjen muutos	8,5 %	3,4 %
<b>Yhteensä</b>	<b>16,6 %</b>	<b>5,6 %</b>

Manuaalisesti avattujen häiriötikettien vähennys (kts. Taulukko 11) on oletetusti selkeästi pienempi kuin automaattisesti avattujen häiriötikettien vähennys (kts. Taulukko 10). Manuaalisesti avattujen häiriötikettien taustalla on usein asiakkaan ilmoitus havaitusta häiriöstä, minkä voi estää poistamalla häiriön tai ottamalla häiriö käsittelyyn ennen asiakkaan ilmoitusta. Täten on oletettavaa, että manuaalisesti avattavia häiriötikettejä pystytään vähentämään huomattavasti vähemmän, koska manuaalisten häiriötikettien vähentäminen on huomattavasti haastavampaa kuin turhien automaattisesti avattavien häiriötikettien.



Tutkimalla pelkästään muutosehdotuksista havaittavia häiriötikettien vähennyksiä voidaan olettaa, että häiriötikettien luomissääntöjen muutos on hieman SLA-suodatus ja tikettiparkkia tehokkaampi. Muutosehdotusten vaikutukset ovat kuitenkin häiriötikettien vähentämistä huomattavasti monipuolisempia. SLA-suodatus ja tikettiparkkimuutostyössä keskeisenä osana on automaattisten korjaustoimenpiteiden laajempi käyttö, jolla pyritään korjaamaan verkossa automaattisesti havaitut häiriöt ennen kuin asiakas ehtii havaitsemaan häiriötä. Täten SLA-suodatuksen avulla pystytään vähentämään asiakkaan havaitsemiä häiriöitä ja parantamaan asiakaskokemaa, kun taas häiriötikettien luomissääntöjen muutoksessa tehdään muutoksia Elisan sisäisiin tiketointitapoihin ilman, että vaikutetaan suoraan asiakaskokemaan.

Kaikkien tässä luvussa esiteltyjen menetelmien avulla saadaan vähennettyä manuaalisesti avattujen häiriötikettien määrää tehostamalla automaatiota ilman, että automaattisesti luodut häiriötiketit kuormittavat viankorjausta. Manuaalisesti avattuihin häiriötiketteihin saatu noin 16,6 % vähennys on merkittävä, koska automaattisten häiriötikettien tapauksen lailla se auttaa vähentämään häiriönkorjauksen työmäärää ja mahdollistaa ennakoivien toimintojen tekemisen. Etenkin SLA-suodatuksen ja tikettiparkin avulla saadaan vähennettyä suoraan häiriönkorjaukseen menevien häiriötikettien määrää ja parannettu asiakaskokemaa.

### 11.3 Apukysymykset

Tässä aliluvussa käydään läpi työn empiirisen osan tuloksia apukysymysten näkökulmasta. Ensimmäisessä apukysymyksessä käsitellään muutosten vaikutusta kertautuvien häiriötikettien määrään ja toisessa apukysymyksessä tutkitaan muutosten vaikutusta SLA-viankorjauksen läpimenoprosenttiin.

#### 11.3.1 Ensimmäinen apukysymys

Ensimmäisessä apukysymyksessä kysyttiin, kuinka paljon eri häiriötikettien vähennysmenetelmät kohdistuvat kertautuviin häiriötiketteihin. Analysoitaessa muutosehdotusten tuloksia saadaan määriteltä neljä muutosehdotusta, jotka vähentävät kertautuvien häiriötikettien määrää (kts. Taulukko 12).

**Taulukko 12. Kertautuvien häiriötikettien vähennys**

Muutokset	Vähennyksen osuus kertautuvista häiriötiketeistä
APDisassociated-häiriötikettien vähentäminen	7,8 %
LAN-kertautuvien häiriötikettien vähentäminen	27,9 %
Häiriötikettien luomissääntöjen muutos	2,3 %
Sähkökatkoprofiilit	1,4 %
<b>Yhteensä</b>	<b>39,3 %</b>

Muutosehdotuksia tarkastellessa havaittiin, että kertautuvien häiriötikettien määrä vähentyi APDisassociated-häiriötikettien vähentämisen seurauksena noin 7,8 %, LAN-kertautuvien häiriötikettien vähennysmuutoksen tuloksena noin 27,9 %, häiriötikettien luomissääntöjen muutoksen vaikutuksesta noin 2,3 % ja sähkökatkoprofiilien käytön seurauksena noin 1,4 %. Yhteensä muutosten seurauksena havaitaan kertautuvien häiriötikettien määrän vähenevän noin 39,3 %.

LAN-kertautuvien häiriötikettien vähennyksen, sähkökatkoprofiilien ja APDisassociated-häiriötikettien vähennyksen vaikutuksesta havaittavat häiriötikettien vähentymät keskittyivät pelkästään kertautuviin häiriötiketteihin. Tämän takia kyseisien muutosehdotusten avulla kertautuvia häiriötikettejä saadaan vähennettyä merkittävästi. Melkein 40 % vähennys kaikista kertautuvista häiriötiketeistä on merkittävä ja se tekee näkyvän muutoksen kertautuvien häiriötikettien mittariin.

### 11.3.2 Toinen apukysymys

Toisessa apukysymyksessä kysyttiin, miten häiriötikettien kokonaismäärää pienentämällä saadaan nostettua SLA-viankorjauksen onnistumisprosenttia. Häiriötikettien määrän vähennyksen avulla saadaan vähennettyä viankorjauksen työ määrää, jolla pyritään vähentämään niitä tapauksia, jossa liian vähäisten resurssien takia ei saada kaikkia häiriöitä korjattua SLA-sopimusten mukaisesti. Toinen suuri ongelma on puutteelliset asiakkaiden kontaktitiedot, mikä on syynä esimerkiksi vuoden 2011 loppupuolella yli 75 % epäonnistuneissa SLA-viankorjauksissa. Asiakastietojen puutteellisuuden korjaaminen on Elisan toimesta käynnissä ja se ei kuulu tämän työn aihealueeseen.

SLA-viankorjauksen onnistumisprosentin parantamisen tutkiminen on erittäin haastavaa, koska useimmat työn muutosehdotukset eivät ole vielä käytössä. Tämän takia SLA-viankorjauksen onnistumisprosentin parantamista ei voida havaita tutkimalla Elisan valmiita SLA-viankorjausraporttien tuloksia vaan SLA-sopimuksen aikarajojen ylittäneiden häiriötikettien listauksia täytyy analysoida. Häiriötiketilistauksista tutkitaan, onko niissä häiriötikettejä, jotka poistuisivat käyttämällä tässä työssä esitettyjä muutoksia.

Tarkastellessa vuoden 2012 tammikuun SLA-viankorjauksen aikarajojen ylittäneiden häiriötikettien listausta [51] havaitaan muutama vasteajan ylitys ja suuri määrä korjausajan ylityksiä. Rajausajan ylityksiä ei kyseisellä tarkasteluvälillä tapahtunut.



Korjausajan ylittäneiden häiriötikettien listausta tutkittaessa havaitaan, että suurin osa ylimenoista johtuu luultavasti korjausaikojen pitkittymisestä. Yhdestä asiakkuudesta avattiin lyhyen ajan sisään APDisassociated-häiriötikettejä noin 6,5 % kaikista SLA-ehdot ylittävistä häiriötiketeistä, joista yhdessä tapauksessa vika hävisi sähkömekaanisen vian poistuessa resetoinnin seurauksena ja muissa tapauksissa vika hävisi ilman toimenpiteitä. APDisassociated-häiriötikettien luomisen muutosehdotuksen seurauksena kyseisistä lyhyen ajanhetken sisään luoduista APDisassociated-häiriötiketeistä vain yksi avataan käsittelyjonoon ja muut luodaan alihäiriötiketeiksi tikettiparkkityöjonoon. Käsittelyjonossa sijaitseva päähäiriötiketti ylittää SLA-korjausajan, mutta muita tikettiparkkiin siirrettyjä häiriötikettejä ei lasketa SLA-sopimusehtojen ylityksiksi tikettiparkissa käytettävän alhaisen prioriteetin takia. Toisesta asiakkuudesta havaitaan luotavan APDisassociated-häiriötikettimäärä, joka vastaa noin 3,7 % kaikista SLA-ehdot ylittävistä häiriötiketeistä. Kaikki kyseiset häiriötiketit suljettiin koodilla ”Korjattu paikallisesti, sähkömekaaninen vika, Vaihdettu”. Kaikki kyseiset APDisassociated-häiriötiketit luotiin alle 10 minuutin sisään toisistaan, jonka seurauksena APDisassociated-häiriötikettien vähennysmuutosehdotuksen avulla kyseisistä häiriötiketeistä saadaan siirrettyä kaikki paitsi yksi häiriötiketti tikettiparkkiin ja pois vääristämästä SLA-korjausaikaraportointia.

APDisassociated-häiriötikettien vähennysmuutosehdotuksen seurauksena saadaan yhteensä vähennettyä noin 9,5 % kaikista kyseisenä ajanjaksona olleista SLA-korjausajan ylittäneistä häiriötiketeistä. Kyseinen vähennys on kuitenkin vain alaraja, koska muutostöiden avulla saatujen häiriötikettien vähennyksen seurauksena viankorjauksella on enemmän aikaa käsitellä yksittäistä häiriötikettiä. Tällöin viankorjauksella on enemmän resursseja yhtä häiriötikettiä kohden ja enemmän aikaa ennakoivaan viankorjaukseen, minkä seurauksena SLA:n vaste-, rajaus- ja korjausaikojen ylitykset vähenevät.

## 12 Jatkokehitysideat

Tässä luvussa esitellään neljä jatkokehitysideaa, joilla voidaan parantaa entisestään tässä diplomityössä esiteltyjen tavoitteiden toteuttamista. Luvussa 12.1 kuvaillaan häiriökäsittelyjärjestelmän häiriötikettien avaamislogiikan uudistus. Luvussa 12.2 esitellään seikkaperäisesti DSL-kättelyn epäonnistumisen havainnointi ja sen liittäminen osaksi tikettiparkkia. Luvussa 12.3 määritellään jatkokehitysehdotus automaattisen valvonnan ajastetun poiskytkennän toteuttamiseksi ja luvussa 12.4 esitellään häiriönkäsittelyjärjestelmän logiikan läpikävely. DSL-kättelyn epäonnistumisen havainnointiehdotus esitellään huomattavasti seikkaperäisemmin kuin muut esitellyt jatkokehitysehdotukset, koska sen suunnitelmien pohjana on käytetty aiemmin Elisan sisällä tuotettua selvitystä.

### 12.1 Häiriökäsittelyjärjestelmän tiketin avaamislogiikan uudistus

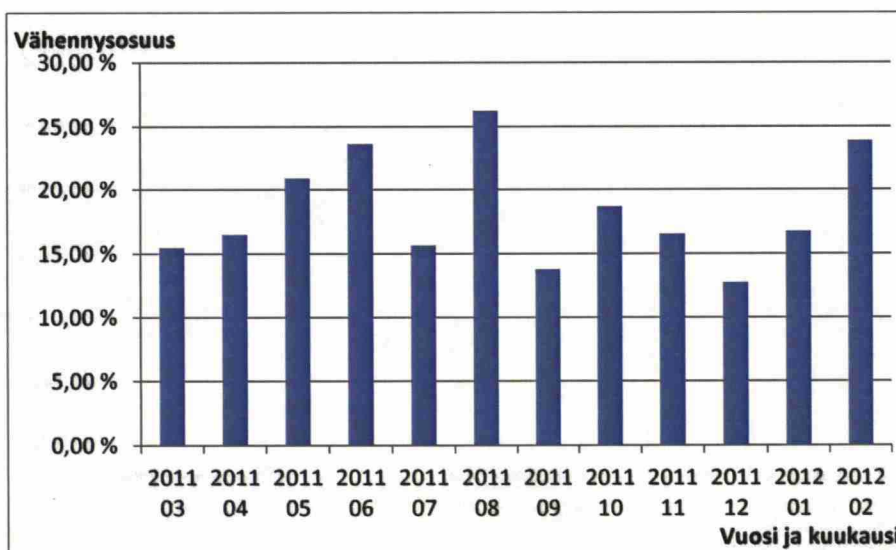
Häiriökäsittelyjärjestelmällä voidaan tällä hetkellä avata samasta LL-numerosta useita samaan aikaan avoimia häiriötikettejä, koska yhteen LL-numeroon voi olla liitettynä useita valvottuja komponentteja. Muutosehdotuksen tavoitteena on estää häiriönkäsittelyjärjestelmää luomasta yhdestä LL-numerosta enempää kuin yhtä avointa häiriötikettiä kerrallaan. Muutoksen vaikutusalue kattaa myös APDisassociated-muutoksen avulla vähennetyt häiriötiketit, joten häiriökäsittely-järjestelmän tiketin avaamislogiikan uudistus korvaa APDisassociated-häiriötikettien vähennysmuutoksen.

Muutoksen toteutuksessa käytetään APDisassociated-tikettien vähennysmuutoksen kaltaista tietokantaa, jonka avulla häiriökäsittelyjärjestelmä saa tietää aiemmin avatuista häiriötiketeistä. Tietokantaan luodaan jokaiselle LL-numerolle oma tietue, johon sijoitetaan uusimman häiriötiketin tiedot. Häiriötiketin sulkeutuessa tietokantaan lisätään automaattisesti häiriötiketin sulkuaika. Häiriökäsittelyjärjestelmä muuttaa tietueeseen uuden häiriötiketin tiedot uutta häiriötikettiä avatessaan.

Häiriötä käsitellessä häiriökäsittelyjärjestelmä tarkistaa häiriötiketin LL-numeroa vastaavasta tietueesta onko kyseisellä LL-numerolla avoinna automaattisesti luotua häiriötikettiä. Jos tietueessa on avoimen häiriötiketin tietoja, häiriöstä ei luoda häiriötikettiä. Jos tietueen häiriötiketti on suljettu tai tietueessa ei ole häiriötikettitietoja, häiriökäsittelyjärjestelmä luo uuden häiriötiketin ja lisää uuden häiriötiketin tiedot tietueeseen.

Jatkokehitysideaa kehitettäessä aikavälin 1.3.2011–29.2.2012 kattavasta häiriötikettilistauksesta [36] lasketaan muutoksen vaikutus häiriötikettimäärään (kts. Kuva 36). Jatkokehitysidean muutoksista havaitaan, että keskimäärin noin 18,4 % automaatin luomista häiriötiketeistä poistuu. Kyseisen jatkokehitysidean luominen aloitettiin työn viimeisen viikon aikana, joten sitä ei ehditty ottaa mukaan muutosehdotuksiin.





Kuva 36. Häiriökäsittelyjärjestelmän tiketin avaamislogiikan uudistustuksen vähennyksen osuus kyseisenä kuukautena automaattisesti avatuista häiriötiketeistä. [36]

## 12.2 DSL-kättelyn epäonnistumisen ja tikettiparkki

Asiakkaan DSL-modeemin käynnistyksen yhteydessä modeemi pyrkii tiedonsiirtotason turvallisuuskättelyn (engl. Transport Layer Security, TLS) avulla varmistamaan yhteyden aloituksen DSLAM:iin [52]. Noin 80 % Elisan yritysasiakkaiden tiedonsiirtoliikenteestä tapahtuu DSL-tekniikalla toteutettuja yhteyksiä käyttäen. Tässä jatkokehitysehdotuksessa pyritään havaitsemaan mahdolliset TLS-kättelyssä tapahtuneet virheet, luomaan niistä ennakoivat häiriötiketit tikettiparkkiin ja yritetään korjata häiriöitä automaattisin menetelmin. Tavoitteina on asiakkaan ilmoittamien ja käsiteltävien häiriötikettien määrän vähentäminen sekä toteutuksen kustannusten minimointi.

Tässä luvussa esitellään kyseisen DSL-kättelyn epäonnistumisen ja tikettiparkin jatkokehitysehdotus. Luvussa 12.2.1 kuvaillaan DSL-kättelyn epäonnistumisen taustoja ja eri ilmenemistapauksia. Luvussa 12.2.2 esitellään ehdotuksen kaksi eri vaihetta ja luvussa 12.2.3 määritellään tikettiparkki ja siellä tehtävät korjausmenetelmät. Luvussa 12.2.4 käsitellään TLS-kättelyn epäonnistumisen viankorjauksen vastuukysymys ja lopuksi luvussa 12.2.5 esitellään ehdotuksen yleisiä hyötyjä ja haittoja.

### 12.2.1 Ilmiön ominaisuudet

Yhteydenottovaiheessa DSL-modeemi yrittää tehdä TLS-kättelyprosessin DSLAM:in kanssa, mikä voi häiriötilanteessa epäonnistua. TLS-kättelyn epäonnistumisen seurauksena yhteydenmuodostus ei onnistu. Kättelyn epäonnistumiseen on havaittu kaksi eri variaatiota. Ensimmäisessä variaatiossa kättelyä yritetään jatkuvasti, mutta linja ei nouse ylös. Tällaisessa tilanteessa syy voi olla esimerkiksi liityntälinjan kykenemättömyys haluttuun nopeuteen. Toisessa variaatiossa kättely epäonnistuu heti

alkuunsa. Tällöin vika voi olla esimerkiksi modeemissa, joka on vikaantunut tai ei osaa ADSL2+-kättelyä tai on muuten vikaantunut. [53]

Kyseisten häiriötyyppien havaitseminen tapahtuu kuuntelemalla DSLAM:in SNMP-ilmoitusviestejä. TLS-kättely sisältää monta vaihetta ja loppuu valmisviestin lähetykseen. Suurin ongelma häiriöhavainnoinnissa on, että on vaikea määritellä etäyhteyden kautta automaattisesti kenen vastuualueella häiriö on tapahtunut. Kummassakin esitellyssä variaatiossa vika voi sijaita asiakkaan laitteissa tai Elisan palveluissa, joiden takia etäyhteyden avulla on vaikeaa päätellä kenen vastuualueella vika sijaitsee. Usein asentajan pitäisi tarkastaa kohde fyysisesti, jotta vika saadaan paikannettua. Asentajan lähettäminen kohteelle on kallista ottaen huomioon tapausten oletetun suuren lukumäärän. Suurten kustannusten takia kyseisten kättelyhäiriöiden automaattinen tiketointi suoraan käsittelyjonoon on kallis vaihtoehto.

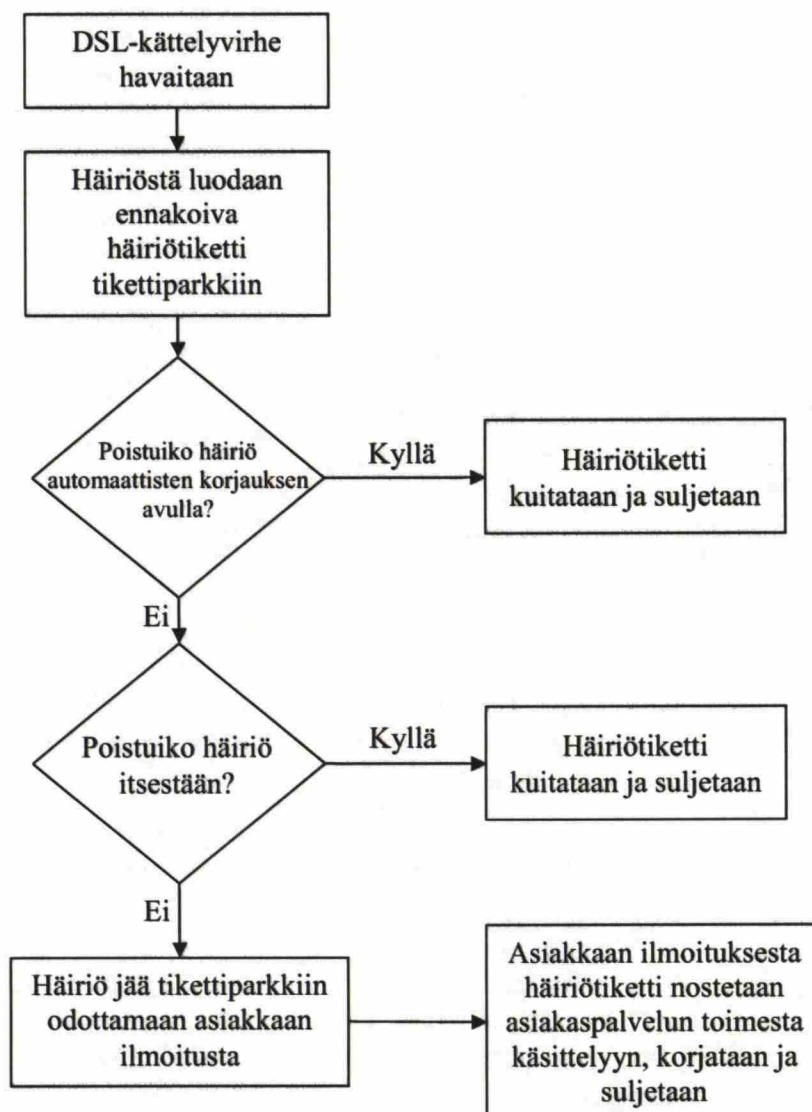
### 12.2.2 Toiminta

DSL-kättelyhäiriön käsittely voidaan jakaa kahteen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa käytetään ainoastaan tikettiparkkia ja automaattisia korjaustoimenpiteitä ja toisessa vaiheessa myös asiakas otetaan mukaan viankorjausprosessiin. Tässä luvussa esitellään graafien avulla luonnoksia molemmista vaiheista.

Ensimmäisessä vaiheessa DSL-kättelyhäiriöt pyritään korjaamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti käyttäen olemassa olevia automaattisia viankorjausmenetelmiä (kts. Kuva 37). Käyttämällä automaattisia viankorjausmenetelmiä voidaan jättää huomioimatta kenen vastuualueelle häiriön syy kuuluu, koska automaattisesta viankorjauksesta aiheutuvat kustannukset ovat vähäisiä.

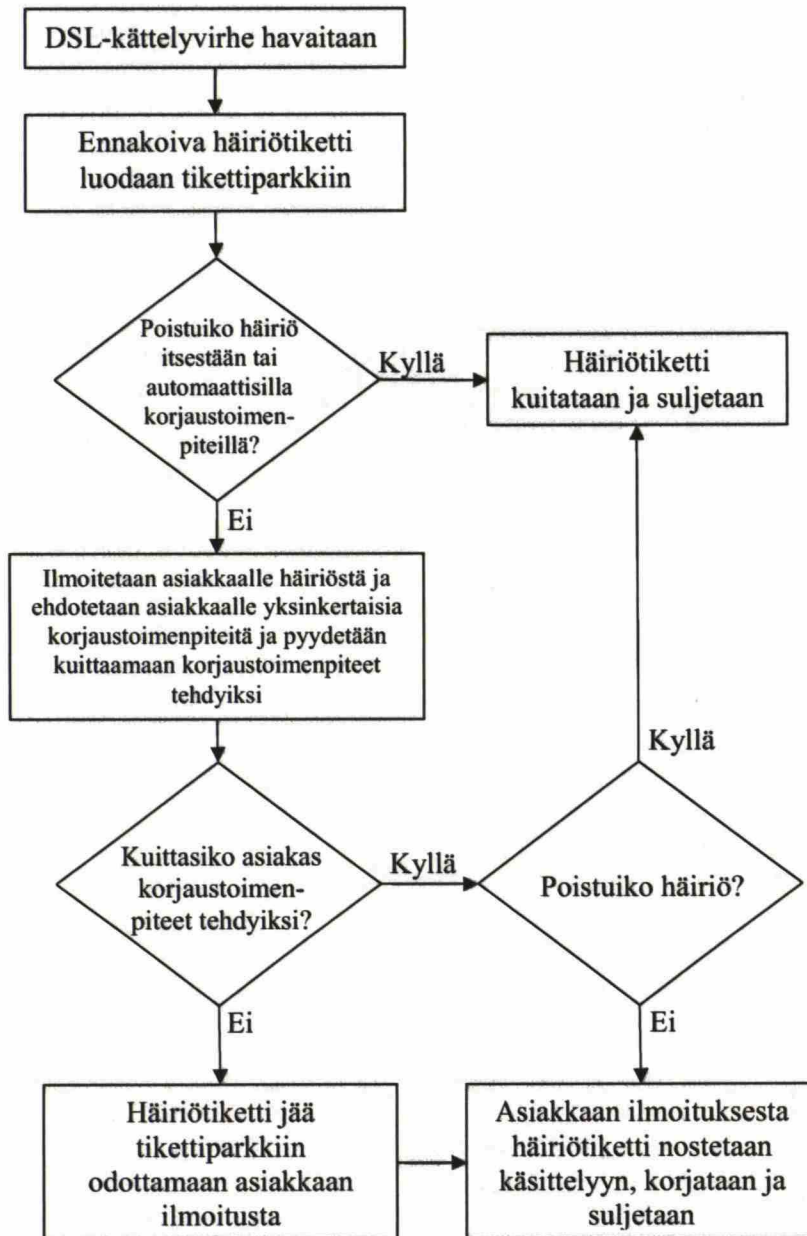
Ensimmäisen vaiheen prosessi (kts. Kuva 37) alkaa DSL-kättelyvirheen havaitsemisesta tarkkailemalla DSLAM:ien lähettämiä SNMP-ilmoitusviestejä. Havaitusta kättelyhäiriöstä luodaan ennakoiva häiriötiketti luvussa 7.2.1 esiteltävään tikettiparkkiin prioriteetilla neljä, jonka jälkeen häiriötä pyritään korjaamaan häiriönkäsittelyjärjestelmän automaattisten korjaustoimenpiteiden avulla. Tämän jälkeen häiriötiketti jää odottamaan tikettiparkkiin häiriön katoamista, muita automaattisia korjaustoimenpiteitä tai asiakkaan ilmoittamista. Häiriönkäsittelyjärjestelmä kuittaa ja sulkee tiketin siinä tapauksessa, että häiriö katoaa automaattisten korjaustoimenpiteiden seurauksena tai itsestään. Asiakkaan ilmoittaessa kyseisestä häiriöstä, asiakaspalvelu päivittää kyseisen häiriötiketin tiedot asiakkaan antamalla lisätiedoilla ja nostaa häiriötiketin käsittelyyn. Asiantuntijat etsivät tämän jälkeen häiriön juurisyyn, tekevät tarvittavat korjaustoimenpiteet sekä kuittaavat ja sulkevat häiriötiketin.





**Kuva 37. DSL-käyttelyhäiriön käsittely, vaihe 1.**

10isessa vaiheessa keskeisenä lisäyksenä ensimmäiseen vaiheeseen verrattuna on asiakkaan mukaan ottaminen viankorjausprosessiin (kts. Kuva 38). Vaihe kaksi alkaa samalla tavalla kuin vaihe yksi eli DSL-käyttelyvirheen havaitsemisesta DSLAM:in SNMP-ilmoitusviestien avulla. DSL-käyttelyvirheestä luodaan tämän jälkeen ennakoiva häiriötiketti tikettiparkkiin, jossa häiriötä pyritään korjaamaan automaattisin korjausmenetelmin. Häiriönkäsittelyjärjestelmä kuittaa ja sulkee häiriötiketin, jos häiriötiketin aiheuttanut häiriö katoaa itsestään tai automaattisten korjaustoimenpiteiden seuraksena. Tämän jälkeen asiakas otetaan mukaan häiriön korjausprosessiin, jos häiriö ei poistunut korjausten avulla tai itsestään.



Kuva 38. DSL-käyttöhäiriön käsittely, vaihe 2.

Asiakkaalle ilmoitetaan häiriön perustiedot, ehdotetut korjaustoimenpiteet ja korjausten kuittauskanava. Häiriön perustiedoista voidaan kertoa esimerkiksi häiriön havaitsemisaika ja tyyppi. Ehdotetut korjaustoimenpiteet sisältävät yksinkertaisia asiakkaan korjaustoimenpiteitä, kuten DSL-modeemiin uudelleenkäynnistämisen. Kuittauskanavan avulla asiakkaalle tarjotaan nopea ja helppo tapa ilmoittaa Elisalle, että korjaustoimet on toteutettu. Tämän jälkeen häiriötilanne tarkistetaan. Häiriön poistuessa häiriötiketti kuitataan ja suljetaan, ja häiriön säilyessä häiriötiketti nostetaan käsittelyyn, jossa se korjataan, kuitataan ja suljetaan. Jos asiakas ei kuittaa korjaustoimenpiteitä tehdyiksi, häiriötiketti jää tikettiparkkiin odottamaan asiakkaan ilmoitusta. Asiakkaan ilmoittaessa häiriöstä asiakaspalvelu päivittää häiriötikettiin asiakkaan antamat lisätiedot ja nostaa häiriötiketin käsittelyyn, jossa häiriön juurisyy etsitään ja korjataan sekä häiriötiketti kuitataan ja suljetaan.



## 12.2.3 Tikettiparkki ja korjausmenetelmät

Tikettiparkki DSL-kättelyn epäonnistumisten käsittelymuutosehdotuksessa toimii samoin kuin esimerkiksi luvussa 7.2.1 esitelty tikettiparkki. Tikettiparkin häiriötiketit luodaan aina prioriteetilla neljä, jotta kyseiset häiriötiketit eivät vaikuta Elisan sisäisiin raportointeihin. Lisäksi häiriötiketit on määritelty ennakoiviksi, koska häiriöiden käsittely ei ala suoraan häiriötikettien avauksesta vaan ennakoivia korjautoimenpiteitä tehdään ennen normaalia asiantuntijoiden tekemää häiriönkorjausta. Tässä luvussa kerrotaan enemmän tikettiparkin säännöstöistä ja automaattisista menetelmistä, joilla häiriöitä pyritään korjaamaan.

Tikettiparkin häiriötiketit eivät mene suoraan manuaalisen häiriötikettien käsittelyyn vaan jäävät tikettiparkkiin odottaaman häiriön poistumista itsestään tai automaattisten korjaustoimenpiteiden seurauksena. Lisäksi häiriötiketti voidaan asiakkaan ilmoituksesta nostaa käsittelyjonoihin. Häiriö voi kadota itsestään, jolloin häiriönkäsittelyjärjestelmä kuittaa ja sulkee tiketin. Häiriö voi myös poistua mahdollisten automaattisten korjaustoimenpiteiden seurauksena, jolloin korjaustoimenpiteet tehnyt ohjelma kuittaa ja sulkee häiriötiketin. Asiakkaan ilmoituksesta häiriötiketti päivitetään asiakkaan ilmoittamilla tiedoilla, minkä jälkeen häiriön juurisyy etsitään ja korjataan sekä häiriötiketti kuitataan ja suljetaan. Lisäksi häiriötiketti voidaan yrittää korjata myös myöhemmin käyttönotettavilla uusilla automaattisilla häiriönkäsittelyjärjestelmillä, jotka käsittelevät myös avattuja häiriötikettejä.

## 12.2.4 Vian vastuun rajaaminen

Suurimpana ongelmana DSL-kättelyiden kannalta on määritellä, sijaitseeko häiriön juurisyy asiakkaan vai Elisan vastuualueella. Vastuualueen määrittely on hankalaa ja usein yksiselitteisen vastauksen antaminen on lähes mahdotonta. Tässä muutosehdotuksessa on pyritty kiertämään kyseinen ongelma lähestymällä havaittujen häiriöiden käsittelyä ensimmäisessä vaiheessa ainoastaan automaattisten korjautoimenpiteiden avulla ja toisessa vaiheessa ottamalla myös asiakas mukaan korjausprosessiin. Tässä luvussa käsitellään tarkemmin kuinka ongelma kierretään.

Ensimmäisessä vaiheessa tarkoituksena on välttää vian vastuukysymys käyttämällä ainoastaan automaattisia menetelmiä viankorjausprosessissa. Kaikista DSL-kättelyhäiriöistä luodaan häiriötiketti tikettiparkkiin ja kaikkia häiriöitä pyritään korjaamaan automaattisin keinoin. Automaatti ei kykene korjaamaan asiakkaan laitteista johtuvia häiriöitä, minkä takia ne jäävät tikettiparkkiin odottamaan asiakkaan ilmoitusta tai häiriön poistumista asiakkaan tekemien itsenäisten viankorjaus-toimenpiteiden seurauksena. Asiakkaan vastuulla olevat häiriöt eivät täten mene kalliiseen asiantuntijoiden toimesta tehtävään viankorjaukseen ilman asiakkaan suoraa pyyntöä, jolloin vastuullisuuskysymys ei ole olennainen. Automaatti kykenee korjaamaan Elisan palveluissa olevia häiriöitä ja näin ollen se parantaa asiakkaiden kokemaa palvelunlaatua. Asiakkaiden laitteista johtuvien häiriöiden automaattisesti tehtäviin korjausyrityksiin liittyvät kustannukset ovat merkityksettömiä, koska toimenpiteet suoritetaan puhtaasti automaattisin keinoin.

Toisessa vaiheessa pätevät ensimmäisestä vaiheesta tehdyt päätelmät, mutta lisäksi toiseessa vaiheessa asiakas otetaan mukaan viankorjausprosessiin. Asiakas toteuttaa Elisan ohjeistuksen mukaiset korjaustoimenpiteet ja päättää haluaako Elisan ryhtyvän käsittelemään manuaalisesti häiriötä, jolloin vastuukysymys ei ole olennainen. Asiakkaalle lähetettävässä DSL-kättelyhäiriöviestissä tulee painottaa myös kuittauskanavan käyttöön liittyvästä vastuukysymyksestä. Tällöin manuaalinen häiriökorjaus alkaa aina asiakkaan pyynnöstä, minkä seurauksena vastuukysymys on korjausprosessin suhteen merkityksetön.

## 12.2.5 Hyödyt ja haitat

Tässä luvussa käydään läpi yhteenvetona DSL-kättelyn epäonnistumisen havainnoinnista ja tiketöinnistä koituvia hyötyjä ja haittoja. Enimmäisenä käsitellään muutosehdotuksen merkittävimpiä hyötyjä, minkä jälkeen muutosehdotuksesta koituvat haitat määritellään.

Muutosehdotuksen merkittävimmät hyödyt liittyvät luvun 12.2 alussa esitettyihin tavoitteisiin. Ensimmäisenä hyötynä on asiakkaan ilmoituksesta avattavien häiriötikettien vähentäminen ja manuaalisesti käsiteltävien häiriötikettien kokonaismäärän vähentäminen, mikä johtuu automaattisen häiriöiden havainnoinnin ja käsittelyn tehostamisesta. Automaattiset korjaustoimet voivat korjata häiriön ennen kuin asiakas havaitsee häiriötä ja ilmoittaa siitä, mikä vähentää asiakkaan ilmoituksesta avattavien häiriötikettien määrää sekä käsiteltävien häiriötikettien kokonaismäärää. Lisäksi asiakkaan ilmoituksesta automaatin luoma häiriötiketti voidaan nostaa tikettiparkista käsittelyyn, mikä myös vähentää asiakkaan ilmoituksesta avattavien häiriötikettien määrää. Seuraavina hyötyinä ovat viankorjausprosessin vastuukysymyksen välttäminen molemmissa eri vaiheissa ja korjauskustannusten pitäminen alhaisena ennen asiakkaan korjauspyyntöä. Muutosehdotuksessa käytettävät viankorjauskeinot ovat kustannustehokkaita, koska ensisijaisesti käytetään automaattisia korjausmenetelmiä ja asiakas otetaan mukaan viankorjausprosessiin. Lisäksi asiakkaan ottaminen mukaan viankorjausprosessiin luo hyvän kuvan Elisan verkonhallinnan tehokkuudesta häiriötilanteissa.

Merkittävimpänä haittana on vastuukysymyksen avoimuudesta johtuvat ongelmat. Tämän työn kannalta vastuukysymyksen ratkaisun puute on kierretty käyttämällä epävarmoissa tilanteissa ainoastaan halpoja ja helposti monistettavia menetelmiä. Kalliimpia menetelmiä, kuten häiriötikettien manuaalista käsittelyä ja häiriöiden korjaamista kentällä käytetään ainoastaan niissä tilanteissa, joissa vastuukysymyksellä ei ole merkitystä, kuten esimerkiksi asiakkaan ilmoituksesta käynnistetyssä viankorjauksessa. Toisessa vaiheessa lähetettävien häiriökuvausviestien lähetyksmekanismi täytyy luoda erikseen, koska kyseistä menetelmää ei ole tällä hetkellä käytössä. Häiriökuvausviestien lähetyksessä täytyy ottaa huomioon myös esimerkiksi häiriökuvausviestien suodatus kertautuvien häiriöiden tapauksessa sekä viestien lähetyssajat. Lisäksi tikettiparkin ylläpitovastuu täytyy määritellä, jotta tikettiparkkiin mahdollisesti pitkäksi aikaa jäävien häiriötikettien määrä ei pääse liiaksi kasvamaan. Tämän tehtävän avulla voidaan valvoa myös muiden muutosehdotusten tikettiparkkiin avattujen ennakoivien häiriötikettien kertymistä.



### 12.3 Automaattisen valvonnan automaattinen poiskytkentä

Automaattinen valvonta täytyy kytkeä pois päältä erilaisten muutostöiden ajaksi, jotta automaattista häiriönvalvontaa estetään luomasta turhia häiriötikettejä muutostyön ajaksi. Tässä luvussa esitellään jatkokehitysehdotus, jossa on tarkoitus automatisoida laitteiden poiskytkeminen muutostöiden ajaksi, jolla voidaan vähentää automaattisesti avattujen häiriötikettien määrää.

Tällä hetkellä muutostöiden aikainen automaattisen valvonnan poiskytkeminen tapahtuu manuaalisesti kytkemällä kyseiset laitteet pois valvonnasta. Muutostyön tekijä kytkee CMDB:stä halutut laitteet pois valvonnasta, minkä seurauksena automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä ei enää tarkista kyseisten laitteiden päällä oloa. Asentaja voi inhimillisen erehdyksen seurauksena unohtaa kytkeä laitteen pois valvonnasta, jolloin kyseisistä laitteista voidaan luoda useita virheellisestä syystä luotuja häiriötikettejä. Pois kytkettyjen laitteiden kytkeminen valvontaan voi myös jäädä tekemättä, minkä seurauksena kyseiset laitteet voivat jäädä huomattavankin pitkäksi aikaa pois automaattisesta valvonnasta. Toinen käyttötarkoitus on asiakkaan ilmoittamien asiakkaan toimesta tehtävien huoltotoimenpiteiden aikainen valvonnan poistaminen. Asiakkaan ilmoittaessa tulevasta toimintakatkosta kyseistä aikaväliä ei voi suoraan merkitä järjestelmään, vaan toimintakatkoon liittyvät laitteet täytyy kytkeä pois valvonnasta vasta toimintakatkon alkuhetkellä. Näiden tapahtumien estämiseksi kyseisten laitteiden muutostyön aikaisen valvonnan automaattinen pois ja päälle kytkentä esitellään.

Työ toteutetaan vaiheittain ja ensimmäisessä vaiheessa luodaan menetelmä, jolla voidaan syöttää valvontakatkos automaattiseen valvontajärjestelmään ennakkoon halutulle aikavälille. Ensimmäisessä vaiheessa kyseistä järjestelmää käytetään ainoastaan asiakkaan ilmoittamissa toimintakatkoissa, koska kyseisessä tapauksessa ei tarvitse määritellä miten esimerkiksi SLA-sopimuksen vaatimukset tai raportoinnit hoidetaan. Automaattinen häiriövalvonnan katkaisu tehdään suoraan asiakkaan pyynnöstä, joten kyseiset SLA-sopimuksen vaatimukset ja raportoinnit voidaan jättää tekemättä.

Toisessa vaiheessa mukaan otetaan muistakin lähteistä tulevia ennakoivia valvontakatkoja. Esimerkiksi muutoksenhallinnan voi liittää yhdeksi valvontakatkojen lähteeksi. Muutoksenhallintaan syötetyn muutoksen vaikutusalueen laitteet ja vaikutusaika kirjautuu automaattisesti valvontakatkoksi. Jos valvontakatko tapahtuu asiakkaan laitteeseen, täytyy määritellä tarkkaan miten esimerkiksi erilaiset raportit, SLA-sopimuksen ehdot ja häiriöiden raportoinnit toteutetaan. Toisessa vaiheessa uusien valvontakatkolähteiden lisäyksen lisäksi voi laajentaa myös valvontakatkojen luomislogiikkaa. Valvontakatkojärjestelmä voi automaattisesti poistaa valvonnasta myös kaikki ne laitteet, jotka ovat yhteydessä operaattorin verkkoon ainoastaan määritellyn valvontakatkon takia pois kytkettyjen laitteiden kautta. Ilman kyseistä valvontakatkojen korrelaatio-ominaisuutta kyseisistä laitteista luotaisiin turhaan häiriötikettejä toimintakatkon ajan.

## 12.4 Häiriönkäsittelyjärjestelmän logiikan läpikäynti

Tässä työssä on esitelty karkealla tasolla häiriönkäsittelyjärjestelmän logiikkaa, mutta logiikan kokonaisvaltaista tarkempaa analyysia ei ole tehty. Keskeisinä tehtävinä tässä jatkokehitysehdotuksessa on häiriönkäsittelyjärjestelmän dokumentaation parantaminen, häiriönkäsittelyjärjestelmään tehtävien muutosten tekemisen muuntaminen hallituksi prosessiksi ja häiriönkäsittelyjärjestelmän toimintojen tehokkuuden määrittäminen.

Häiriönkäsittelyjärjestelmän olemassaoleva dokumentaatio on osittain vajavaista, mikä heikentää merkittävästi järjestelmän läpinäkyvyyttä. Vaillinainen tai vanhentunut järjestelmän dokumentaatio heikentää ongelmanratkaisuprosessin onnistumistodennäköisyyttä. Tässä jatkokehitysehdotuksessa käydään tarkasti läpi ja dokumentoidaan häiriönkäsittelyjärjestelmän logiikka sekä määritellään muutosprosessi, jonka avulla tulevat häiriönkäsittelyjärjestelmän muutokset tehdään käyttämällä aina samalla tavalla ja varmistetaan, että dokumentointi pysyy ajan tasalla.

Dokumentoinnin jälkeen on helpompi toteuttaa systemaattinen tehokkuusanalyysi häiriönkäsittelyjärjestelmän eri toiminnoista, jotta eri osioiden toimivuudet saadaan tietoon. Osioiden tehokkuuksien perusteella voidaan analyysin avulla havaita mahdolliset pullonkaulat tai käytännössä turhat ominaisuudet. Näiden pullonkaulojen havainnoinnin ja korjaamisen avulla voidaan tehostaa entisestään häiriönkäsittelyjärjestelmän toimintaa.

Häiriönkäsittelyjärjestelmän logiikan läpikäynnin keskeisenä hyötynä on myös logiikoiden dokumentoinnin seurauksena ilmenevä tiedon siirrettävyyden parantaminen. Häiriönkäsittelyjärjestelmän korvattavuuden kannalta on erittäin tärkeää, että häiriönkäsittelyjärjestelmän logiikat sekä muut ominaisuudet ovat helposti siirrettävissä seuraaviin järjestelmiin. Tällä voidaan osaltaan helpottaa uuden järjestelmän käyttöönottoa, jotta ainakin osa häiriönkäsittelyjärjestelmän käyttöönotosta seuranneista ongelmista voidaan estää.



## 13 Yhteenveto ja pohdintaa

Tietoliikennepalveluiden kasvavan kysynnän seurauksena Internet-palveluntarjoajien hallitsemien tietoverkkojen valvonnassa ja häiriöiden käsittelyssä on siirrytty kohti entistä automatisoidumpaa järjestelmää. Suurimmat automatisointiin johtaneet syyt ovat entistä suurempien tietoverkkojen manuaalisen valvonnan hitaus ja epätarkkuus sekä tietoverkon laajentuessa automaattista järjestelmää korkeammat kustannukset. Automaattisen järjestelmän avulla jokaisen valvottavan verkkolaitteen tila on tiedossa lähes reaaliaikaisesti, joten tietoverkon häiriöt voidaan havaita ja korjata nopeammin. Automaattinen häiriöiden havainnointijärjestelmä on korvannut kokonaan asiantuntijat häiriöiden havainnoinnissa, mutta häiriöiden käsittelyssä automaattinen häiriönkäsittelyjärjestelmä ei ole vielä korvannut kokonaan asiantuntijaa. Häiriönkäsittelyjärjestelmä yrittää korjata automaattisesti havaitut häiriöt käyttämällä ennalta määrättyjä yksinkertaisia korjausmenetelmiä, ja epäonnistuessaan häiriöstä ilmoitetaan asiantuntijalle häiriötiketin muodossa.

Tässä työssä tutkittiin Elisan yritysasiakkaiden tietoliikenneverkkojen automaattista valvontaa ja pyrittiin parantamaan olemassa olevan järjestelmän tehokkuutta. Kirjallisuuskatsauksessa esiteltiin ongelmanhallinnan ja viankorjauksen näkökulmasta taustatietona luvussa 2 Internetin standardit ja yleisimmät protokollat, reitittimet ja reititysprotokollat, verkon topologia sekä verkon mittaustyökalut. Luvussa 3 esiteltiin verkonhallintaan liittyvät toiminnot, ITIL:in määritelmät tapahtuman- ja ongelmanhallinnasta sekä yleisellä tasolla tietoverkkojen ongelmia ja vikoja. Luvussa 4 käsiteltiin työn aiheeseen keskeisesti liittyviä Elisan tietoliikenneverkon valvonta- ja hallinnointijärjestelmiä. Luvussa 5 paneuduttiin tietämyksenhallinnan menetelmiin, joita käytettiin työn aikana uuden tietämyksen ja muutosehdotusten luomisessa. Luvussa 6 esiteltiin työn empiirisessä osassa käytetty tutkimusaineisto- ja menetelmät. Luvussa 7 käsiteltiin automaatin avaamien häiriötikettien vähennykseen keskittyviä muutosehdotuksia ja luvussa 8 kuvattiin manuaalisesti avattavien häiriötikettien vähentämiseen liittyviä muutosehdotuksia. Luvussa 9 esiteltiin luvussa 7 esiteltyjen muutosten tuloksia ja luvussa 10 käsiteltiin luvussa 8 kuvattujen muutosehdotusten tuloksia. Luvussa 11 analysoitiin työn muutosten tuloksia ja luvussa 12 paneuduttiin työn aikana esiin tulleisiin jatkokehitysideoihin.

### 13.1 Tietämyksenhallinta osana muutosehdotusten luontia

Muutosehdotusten luomisen pohjana käytettiin Elisan asiantuntijoiden haastatteluja, Elisan raporttitietokannasta saatuja erilaisia häiriötikettilistauksia ja kirjallisessa osuudessa esitettyjä tietoja. Uuden tiedon luomisen ja käyttöönoton kannalta keskeisessä osassa oli luvussa 5 esitelty Nonakan tietospiraalimalli, Grayn esittelemä tietämyksenhallinta ongelmanratkaisun näkökulmasta ja Cheongin ja Tsuin PKM 2.0. Tietospiraalimallia käytettiin erityisesti tiedonkeräysvaiheessa, jolloin kontakteja luotiin uuteen työympäristöön ja haastattelujen avulla avainhenkilöihin kerääntynyttä hiljaista tietoa muunnettiin määriteltäväksi tiedoksi. Uutta tietoa luotiin myös analysoimalla

erillaisia informaatiolähteitä kuten häiriötikettilistauksia Grayn mallin ja PKM 2.0:n esittelemillä tavoilla.

Tiedonkeräysvaiheessa havaittiin, että työn kannalta keskeisessä osassa olevasta Elisan häiriöidenkäsittelyjärjestelmästä luotu määriteltävä tieto oli vajavaista. Järjestelmästä tehty dokumentaatio ei kaikilta osin vastannut nykyistä tilaa ja ohjelmakoodia ei oltu kommentoitu kokonaan. Kyseisen järjestelmän jatkokehittäminen oli hankalaa, koska jatkokehitykseen tarvittava tieto oli keskittynyt vain muutamaan ihmiseen. Tiedon keskittymisen seurauksena oli syntynyt pullonkaula, koska kyseisen järjestelmän muutosten suunnittelu ja toteutus täytyi aina tehdä näiden muutamien ihmisten kautta. Havaittu ongelma ei johdunut yksittäisten henkilöiden työtavoista, vaan ongelman juurisyy oli organisaatiossa päätetyt määräajat ja tavoitteet. Häiriökäsittelyjärjestelmän kehitysvaiheessa käyttöönottoa päätettiin nopeuttaa jättämällä toteuttamatta sisäisten toimintojen raportointi, minkä seurauksena järjestelmän sisäisten toimintojen suorituskyvyn analysointi oli haastavaa.

Käyttöönoton jälkeen häiriökäsittelyjärjestelmän keskeisenä ongelmana oli omistajuuteen puuttuminen. Järjestelmän ylläpitoon ei ollut valittu selkeää vastuuhenkilöä, joka olisi valvonut järjestelmään tehtäviä muutoksia ja niiden dokumentointia. Selkeän vastuuhenkilön ja muutosprosessin puuttumisen seurauksena häiriökäsittelyjärjestelmän käyttöönoton aikana tehtyä dokumentaatiota ei ollut muutosten yhteydessä aina päivitetty. Kyseisen sekä tulevien häiriökäsittelyjärjestelmien kanssa kannattaa jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon muutosten lisäysprosessi, omistajuus ja järjestelmän sisäisten toimintojen analysoinnin mahdollistaminen.

Häiriökäsittelyjärjestelmän lisäksi muutosehdotusten kehittämistä haittasi häiriötikettien käyttö raportoinnissa. Muutosehdotuksia luotaessa täytyi huomioida, että viankorjauksen häiriötikettejä vähentämällä vaikutetaan myös häiriötiketteihin perustuvaan asiakkaalle menevään viestintään. Kyseisten kahden erilaisen tavoitteen liittäminen yhteen tekee järjestelmästä erittäin rajoittuneen, jolloin muutosten tekeminen on hankalaa ja edellyttää usein kompromissien tekoa viestinnän säilyttämiseksi. Yksitasoisten häiriötikettien sijaan tulisi ottaa käyttöön kaksitasoinen häiriötikettijärjestelmä, joka koostuu sisäiseen häiriönkorjaukseen keskittyneistä häiriötiketeistä ja ulkoiseen raportointiin keskittyneistä raportititikeistä. Havaitusta häiriöstä voitaisiin tällöin luoda häiriötiketti, raportointitiketti tai molemmat. Täten järjestelmän muutosten tekoon saadaan luotua lisää joustavuutta.

Tässä ympäristössä tietospiraalimallin mukaiset toiminnot toimivat erittäin hyvin ja sen seurauksena saatiin luotua muutosehdotuksen kannalta merkittäviä havaintoja. Tietospiraalimallin ensimmäistä ja toista vaihetta käytettiin sanattoman tiedon keräämiseen asiantuntijoilta haastattelujen avulla. Kolmannessa vaiheessa luotu määriteltävä tieto yhdistettiin muuhun kokonaisuuteen, minkä seurauksena muutosehdotukset luotiin. Neljännessä vaiheessa muutosehdotusten luonnin seurauksena saatiin sisäistettyä uutta sanatonta tietoa.

Grayn mallin ja PKM 2.0:n avulla pyrittiin luomaan uutta tietoa useista erilaisista informaatiolähteistä. Muista tahoista saatujen vihjeiden ja onnekkaiden sattumien avulla häiriötikettilistauksista löydettiin uusia ilmiöitä, joiden juurisyytä tunnistamalla saatiin luotua uutta tietoa, jota voitiin käyttää tietospiraalin kolmannessa vaiheessa muiden



määriteltyjen tietojen kanssa. Grayn mallin mukaisesti ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin häiriötikettilistauksia ja toiseen vaiheeseen voitiin siirtyä, kun informaatiosta havaittiin jokin uusi ongelma. Kolmanteen vaiheeseen siirryttäessä luotiin uusi muutosehdotus uuden tiedon perusteella ja neljännessä vaiheessa uusi muutosehdotus otettiin käyttöön.

### 13.2 Muutokset ja tulokset

Luvussa 7 esiteltiin automaattisesti avattujen häiriötikettien määrää vähentäviä muutosehdotuksia. Ensimmäisenä muutoksena oli LAN-kertautuvien häiriötikettien vähentäminen, missä tavoitteena oli LAN-verkon reitittimen häiriöityessä estää häiriötikettien luominen LAN-verkon muista laitteista. LAN-kertautuvan muutoksen avulla saatiin vähennettyä automaattisesti avattavien häiriötikettien määrästä yhteensä noin 32,9 %. Kyseisten poistettujen häiriötikettien määrä vastaa noin 27,9 % kertautuvien häiriötikettien määrästä. Muutosehdotuksen avulla saatiin poistettua merkittävä häiriötikettien purskeita luova lähde. Asiantuntijat kommentoivat, että muutos auttoi häiriötikettiruuhiin ja se antoi asiantuntijoille mahdollisuuden tehdä myös ennakkoivaa viankorjausta. Haittana LAN-kertautuvien muutoksessa oli, että siinä estettiin valvontajärjestelmää luomasta LAN-laitteista häiriötikettejä myös niissä tapauksissa, joissa GW-reititin ja sen takana oleva LAN-laite olivat molemmat häiriöityneet erillisten vikojen seurauksena. Toisaalta valvontajärjestelmän muutosta edeltävä toteutus toimi kyseisessä tilanteessa käytännössä samalla tavalla kuin muutoksen jälkeenkin, mistä voidaan päätellä, että kyseinen haitta on hyväksyttävä.

Toinen automaattisesti avattuja häiriötikettejä vähentävä muutos oli APDisassociated-häiriötikettien vähentäminen, jossa pyrittiin ryhmittelemään lyhyen ajan sisään luotuja APDisassociated-häiriötikettejä asettamalla osa niistä päätiketin alitiketeiksi ja siirtämällä alitiketit tikettiparkkityöjonoon. APDisassociated-häiriötiketin muutoksen seurauksena noin 9,4 % automaattisesti avatuista häiriötiketeistä ja noin 7,8 % kertautuvista häiriötiketeistä vähennettiin. APDisassociated-häiriöviestien vähentämisen tavoitteena oli suodattaa kyseiset häiriöt pois samalla tavalla kuin LAN-kertautuvien tapauksessa, mutta valvontajärjestelmän ominaisuuksien takia päädyttiin käyttämään pää- ja alitikettejä ja häiriötiketit siirrettiin tikettiparkkityöjonoon. APDisassociated-häiriön tapauksessa alitikettien avulla kaikki mahdollinen häiriötieto säilytettiin asiantuntijan korjausprosessia varten, koska LAN-kerrannaisten tyyppistä suodatusta ei otettu käyttöön.

Kolmas automaattisesti avattujen häiriötikettien vähentämisen muutos oli automaattisen valvonnan odotusajan muuttaminen, jossa päivällä ja yöllä automaatin käsittelyn aloituksen odotusaikoja muutettiin. Muutoksen seurauksena automaattisesti avattujen häiriötikettien määrässä havaittiin yhteensä noin 7,8 % vähennys. Automaattisen valvonnan odotusajan muuttamisen tärkein hyöty oli häiriötikettien vähentäminen. Vähennettyjen häiriötikettien joukosta osa häiriötiketeistä kuului SLA-palveluaikaluoikkaan, missä palveluaika on voimassa myös yöaikaan. Täten muutosehdotuksen avulla saatiin vähennettyä myös yöllä asiantuntijoiden tekemien korjausten määrää. Muutosehdotus ei heikentänyt yöllistä asiakkaan havaitsemaa palvelun laatua ja päivällä odotusajan pidennys oli niin lyhyt, että asiakas ei havainnut muutosta asiakaskokemassa. Haittoina oli yöllä tapahtuvien asiantuntijoiden käsittelyä

vaativien häiriöiden reagointi- ja korjausaikojen kasvu sekä päivällä reagointiajan kasvusta mahdollisesti lisääntyvä asiakkaan ilmoituksesta tehtävien häiriötikettien kasvu.

Neljäs automaattisesti avattujen häiriötikettien määrää vähennettävä muutosehdotus koski asiakaskohtaisia profiileja, joissa asiakkaan toimesta tehtävistä sähköjen katkaisuisista luotiin asiakaskohtaisia sähkökatkoprofiileja, jotka estivät häiriötikettien avaamista. Muutosehdotuksen seurauksena havaittiin noin 1,7 % vähennys automaattisesti avattujen häiriötikettien määrässä ja noin 1,4 % vähennys kertautuvien häiriötikettien määrässä. Muutosehdotuksen suurin hyöty oli sähkökatkoprofiilien avulla vähennettävät häiriötiketit, jotka kohdistuvat kertautuviin häiriötiketteihin. Käyttöön otettavien asiakaskohtaisten profiilien toimintaa voidaan laajentaa muiden ilmiöiden käsittelyyn. Haittapuolina ovat uuden ohjelman luominen sähkökatkoprofiilien ja suodatusaikaikkunoiden laskemista varten, kaikkien häiriötikettien avaamisen estäminen suodatusaikaikkunan aikana sekä muiden systemaattisesti toistuvien häiriöiden virheellinen luokittelu manuaaliseksi sähköjen katkaisuksi.

Luvussa 8 esitettiin manuaalisesti avattavien häiriötikettien määrää vähentävät muutokset. Ensimmäisenä muutoksena olivat SLA-suodatus ja vikaparkki, missä peruspalveluluokan asiakkaiden valvottavat laitteet lisättiin automaattiseen häiriöiden havainnointiin, minkä seurauksena avatut uudet peruspalveluluokan häiriötiketit siirrettiin käsittelyjonon sijasta tikettiparkkityöjonoon. Tikettiparkkityöjonoissa häiriötiketit käsiteltiin ainoastaan automaattisten korjausmenetelmien avulla. Muutoksen seurauksena vähennettiin noin 8,1 % manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä ja noin 2,2 % kaikista häiriötiketeistä. Merkittävimpana hyötynä oli asiakkaan ilmoituksesta avattavien häiriötikettien vähentyminen. Toisena hyötynä havaittiin asiakaspalvelun toiminnan tehostaminen asiakaskontaktissa ja kolmantena etuna oli automaattisen valvonnan laajentaminen merkittävään osaan asiakkaista. Haittapuolena olivat tikettiparkkityöjonon ylläpitotehtävät, joihin kuuluivat tikettiparkkiin kauemmin olleiden häiriötikettien analysointi, häiriötikettien mahdollisen kertymisen estäminen ja tikettiparkin omistajuuden määrittäminen.

Toisena manuaalisesti avattavien häiriötikettien vähennysmuutosehdotuksena oli häiriötikettien luomissääntöjen muuttaminen, missä muiden toimintojen ohjaamiseen ja raportointiin käyttävien tahojen häiriötiketit luotiin automaatin avaamiksi häiriötiketeiksi tikettiparkkityöjonoon. Muutoksen avulla saatiin poistettua noin 8,5 % manuaalisesti avatuista häiriötiketeistä, noin 3,4 % kaikista häiriötiketeistä ja noin 2,3 % kertautuvista häiriötiketeistä. Muutoksen suurimpana etuna oli manuaalisten häiriötikettien vähentyminen ja se, ettei muutoksen toteutuksesta aiheutunut haittaa.

Yhteenvetona muutosehdotusten seurauksena havaittiin yhteensä noin 51,8 % vähennys automaattisista häiriötiketeistä, joka vastaa noin 33,7 % vähennystä kaikista häiriötiketeistä. Automaattisesti avattavien häiriötikettien vähentyminen yli puolella oli erittäin merkittävä saavutus, jolla häiriönkorjauksen työmäärää saatiin vähennettyä, minkä seurauksena saatiin vähennettyä myös liian suuresta työtaakasta johtuvien SLA-korjausajan ylittävien häiriötikettien määrää. Manuaalisesti avattavien häiriötikettien määrästä muutosten avulla saatiin vähennettyä yhteensä noin 16,6 %, joka vastaa noin 5,6 % kaikista häiriötiketeistä. Manuaalisesti avattavien häiriötikettien määrän vähennys oli erittäin merkittävä, koska sillä oli suoraan vaikutusta asiakkaan havaitsemaan palvelunlaatuun. Etenkin SLA-suodatuksen ja tikettiparkkimuutoksen avulla häiriö



voitiin ottaa automaattiseen käsittelyyn tai korjata kokonaan ennen asiakkaan tekemää häiriöilmoitusta.

Automaattisesti avattujen häiriötikettien vähennysmäärästä voi selkeästi päätellä, että häiriökäsittelyjärjestelmä avaa paljon enemmän häiriötikettejä kuin mitä häiriöiden kuvaamiseen tarvittaisiin. Työn muutostöiden käyttöönoton jälkeenkin häiriökäsittelyjärjestelmä vaatii jatkokehitystä esimerkiksi luvussa 12 esiteltujen jatkokehitysideoiden avulla. Verkonhallinnan automatisoiminen tulee jatkumaan operaattoriverkoissa kustannustehokkuuden sekä liikenne- ja asiakasmäärän kasvun takia, joten on ensisijaisen tärkeää jatkaa häiriöiden havainnoinnin ja käsittelyn automatisoinnin kehittämistä. Työssä esitellyillä muutoksilla on saatu poistettua osa häiriökäsittelyjärjestelmän ongelmista, mutta häiriökäsittelyjärjestelmän raportointijärjestelmän, muutosprosessin, dokumentoinnin ja vastuuhenkilön puuttuessa järjestelmä tarvitsee muutoksia. Häiriökäsittelyjärjestelmän ongelmat eivät vaikuta suoraan järjestelmän toimintaan, mutta ne vaikeuttavat turhaan järjestelmän mukauttamista kokoajan muuttuvaan tietoliikennetoimintakenttään.

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli vähentää automaattisesti avattuja häiriötikettejä ilman, että asiakaskokema ja häiriötiketteihin perustuva tiedotus kärsii. Luvussa 7 esitellyt muutosehdotukset pyrkivät toteuttamaan ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä vaadittuja tavoitteita. Luvuissa 9 ja 11 havaittiin, että kyseisten neljän muutoksen avulla saatiin vähennettyä noin 51,8 % automaattisesti avatuista häiriötiketeistä ja noin 33,9 % kaikista häiriötiketeistä. Kyseiset muutokset toteutettiin siten, että niiden käyttöönotto ei vaikuttanut käytettäviin raportteihin ja tiedotukseen haittaavasti. Automaattisten häiriötikettien yli 50 % vähennys oli erittäin merkittävä ja kuvasti osaltaan kuinka paljon ylimääräisiä häiriötikettejä häiriönkäsittelyjärjestelmä loi. Vähennyksen seurauksena viankorjauksen työtaakka pieneni ja saatiin tilaa kehittää automaattista häiriöiden havainnointijärjestelmää havaitsemaan uusia verkon ilmiöitä, kuten luvussa 12.2 esitelty DSL-kättelyn epäonnistumisen muutosehdotuksessa ilmeni. Luvussa 12.1 esitellyn jatkokehitys-ehdotuksen avulla automaattisesti avattujen häiriötikettien määrää pystyttiin arviolta vähentämään noin 18,4 % sisältäen APDisassociated-häiriötikettien vähentämis-muutoksen vaikutuksen, mutta kyseinen muutos kehitettiin vasta viikkoa ennen työn loppumista, joten sitä ei voitu ottaa mukaan muutoksiin.

Toisessa tutkimuskysymyksessä etsittiin menetelmiä, joilla automaatiikkaa lisäämällä voitiin vähentää manuaalisesti avattavien häiriötikettien määrää ilman, että manuaalisesti käsiteltävien häiriötikettien määrää lisättiin. Luvussa 8 kuvattujen muutosten avulla pyrittiin toteuttamaan tutkimuskysymyksen vaatimukset. Kyseisten muutosten seurauksena saatiin vähennettyä manuaalisesti avattavien häiriötikettien määrää yhteensä noin 16,6 %, joka vastasi noin 5,6 % kaikista häiriötiketeistä. Kyseisten kahden muutoksen tulokset esiteltiin luvuissa 10 ja 11. Muutokset toteutettiin tutkimuskysymyksen edellyttävällä tavalla eli ilman, että manuaalisesti käsiteltävien häiriötikettien määrä kasvoi.

Apukysymyksissä selvitettiin kuinka paljon muutokset vähensivät kertautuvia häiriötikettejä ja lisäsivät SLA-viankorjauksen onnistumisprosenttia. Muutosten seurauksena havaittiin noin 39,3 % vähennys kertauvissa häiriötiketeissä, mikä oli merkittävä parannus aiempaan. Kyseisissä muutoksissa saatiin vähennettyä erityisesti lyhyen aikaikkunan sisään tulleiden kertautuvien häiriötikettien määrää, minkä

seurauksena kertautuvien häiriötikettien mittarina käyttämistä parannettiin ja tästä selvisi, kuinka usein häiriö voitiin korjata kerralla kuntoon. Muutosten seurauksena saatiin suoraan vähennettyä noin 9,5 % korjausajan ylittäneistä häiriötiketeistä. Lisäksi viankorjauksen työtaakan vähentämisen avulla vähennettiin myös SLA-korjausajan ylittäneitä häiriötikettejä, mutta kyseisen vaikutuksen suuruuden arvioiminen ennen kaikkien muutosten käyttöönottoa oli erittäin vaikeaa.



## 14 Lähdeluettelo

- [1] ITU-T. 2000. TMN management functions. Recommendation M.3400.
- [2] Elisa Oyj. 2011. Tietoa Elisasta. [Online]. Saatavissa: [http://www.elisa.fi/elisa-oyj/tietoa\\_elisasta/](http://www.elisa.fi/elisa-oyj/tietoa_elisasta/). [Haettu 14 12 2011].
- [3] C. Williamson. 2001. Internet Traffic Measurements. IEEE Internet Computing, vol. 5, nro. 6.
- [4] IETF. 2011. About the IETF. [Online]. Saatavissa: <http://www.ietf.org/about/>. [Haettu 15 11 2011].
- [5] S. Deering ja R. Hinden. 1998. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. RFC 2460.
- [6] J. Postel. 1981. Transmission Control Protocol, DARPA Internet Program. RFC 793.
- [7] V. Cerf ja R. Kahn. 1974. A Protocol for Packet Network Intercommunication. IEEE Transactions on Communications, vol. 22, nro. 5.
- [8] T. Anttalainen. 2003. Introduction to Telecommunications Network Engineering (Second Edition), Norwood, USA: Artech House, ISBN: 1580535003.
- [9] J. Postel. 1981. Internet Protocol. RFC 791.
- [10] A. Blank. 2002. TCP/IP JumpStart - Internet Protocol Basics (Second Edition), Alameda, USA: SYBEX Inc., ISBN: 978-0-7821-4101-6.
- [11] S. Halabi ja D. McPherson. 2000. Internet Routing Architectures (Second Edition), Cisco Press, ISBN: 157870233X.
- [12] R. Stevens. 1994. TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols, USA: Addison & Wesley, ISBN: 0201633469.
- [13] D. Minoli. 2003. Telecommunications Technology Handbook (Second Edition), Norwood, USA: Artech House, ISBN-10: 1580535283.
- [14] L. Lamti-BenYacoup, A. Schmid ja D. Rodellar. 2001. Introducing MPLS Traffic Engineering in an Operator IP Network: First Results. [Online]. Saatavissa: <http://www.schmid-pena.ch/publications/Eurescom-Summit-2002.pdf>. [Haettu 16 11 2011].
- [15] M. El-Sayed ja J. Jaffe. 2002. A view of telecommunications network evolution. IEEE Communications Magazine, vol. 40, nro. 12.
- [16] M. Kärkkäinen. 2004. Laajakaistaverkon topologian visualisointi. Diplomityö, Lappeenranta teknillinen yliopisto.
- [17] H. Dutton. 1998. Understanding Optical Communications. [Online]. Saatavissa: [http://wwwpub.utdallas.edu/~cantrell/ee6310/IBM\\_Optical\\_Comm.pdf](http://wwwpub.utdallas.edu/~cantrell/ee6310/IBM_Optical_Comm.pdf). [Haettu 28 11 2011].
- [18] Agilent Technologies. 2006. Understanding DSLAM and BRAS Access Devices. [Online]. Saatavissa: <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-4766EN.pdf>. [Haettu 25 11 2011].

- [19] A. Heikkilä. 2010. Syslog-tapahtumaviestien hyödyntäminen laajakaistaverkon ennakoivan ja varhaisen vianhallinnan kehittämisessä. Diplomityö, Aalto-yliopisto, Teknillinen korkeakoulu.
- [20] J. Crémer, P. Rey ja J. Tirole. 2000. Connectivity in the Commercial Internet. *The Journal of Industrial Economics*, vol. 48, nro. 4, s. 433-472,
- [21] N. Economides. 2004. *The Economics of the Internet Backbone*. New York University, Leonard N. Stern School of Business, Department of Economics, Working Papers, vol. 4, nro. 29.
- [22] T. Viipuri. 2004. *Traffic Analysis and Modeling of IP Core Networks*. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu.
- [23] M. Hautaniemi. 1994. *TKK/Atk-keskuksen TCP/IP-verkon valvonta ja hallinta*. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu.
- [24] S. Waldbusser. 1991. Remote Network Monitoring Management Information Base. RFC 1271.
- [25] S. Waldbusser. 2005. Remote Network Monitoring Management Information Base Version 2. RFC 4502.
- [26] R. Gerhards. 2009. The Syslog Protocol. RFC 5424.
- [27] Cisco Systems. 2007. Introduction to Cisco IOS Netflow. [Online]. Saatavissa: [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/iosswrel/ps6537/ps6555/ps6601/prod\\_white\\_paper0900aecd80406232.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/iosswrel/ps6537/ps6555/ps6601/prod_white_paper0900aecd80406232.pdf). [Haettu 12 12 2011].
- [28] sFlow.org. 2011. About sFlow. [Online]. Saatavissa: <http://www.sflow.org/about/index.php>. [Haettu 14 12 2011].
- [29] D. Katz ja D. Ward. 2010. Bidirectional Forwarding Detection (BFD). RFC 5880.
- [30] Cisco Systems. 2009. Understanding MPLS-TP and it's Benefits. [Online]. Saatavissa: [http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk436/tk428/white\\_paper\\_c11-562013.pdf](http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk436/tk428/white_paper_c11-562013.pdf). [Haettu 9 2 2012].
- [31] N. Sprecher ja L. Fang. 2011. An Overview of the OAM Tool Set for MPLS based Transport Networks. IETF Internet-Draft.
- [32] I. Macfarlane ja C. Rudd. 2005. *IT Palvelunhallinta, ITIL Käsikirja, Versio 2.1.b*, Reading, United Kingdom: itSMF Ltd, ISBN: 0-9551245-2-2.
- [33] S. Kätker ja K. Geihs. 1997. A Generic Model for Fault Isolation in Integrated Management Systems. *Journal of Network and Systems Management*, vol. 5, nro. 2.
- [34] TechExcel. 2008. ITIL Process Guide. [Online]. Saatavissa: [http://www.techexcel.com/resources/TechExcel\\_ITIL\\_Guide.pdf](http://www.techexcel.com/resources/TechExcel_ITIL_Guide.pdf). [Haettu 20 3 2012].
- [35] J. Hyppänen. 2007. *Ennakoiva vikojen havaitseminen liityntäverkoista*. Diplomityö, Lappeenrannan tekninen yliopisto.
- [36] Elisa Cognos-raportti 5. 2012. Automaattisesti avatut häiriötiketit listauksena, Elisan sisäinen raportti aikavälillä 1.3.2011-29.2.2012.
- [37] K. Dalkir. 2005. *Knowledge Management in Theory and Practise*, Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, ISBN: 0-262-01508-0.
- [38] I. Nonaka. 1991. The Knowledge-Creating Company. *Harvard Business Review*,



- vol. 79, nro. 6.
- [39] J. Rowley, 2007. The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, vol. 33, nro. 2.
  - [40] R. Ackoff. 1989. From Data to Wisdom. *Journal of Applies Systems Analysis*, vol. 16, nro. 1.
  - [41] R. Cheong ja E. Tsui. 2010. The roles and values of personal knowledge management: an exploratory study. *VINE: The journal of information and knowledge management systems*, vol. 40 nro. 2.
  - [42] D. Stenmark. 2002. Information vs. Knowledge: The Role of intranets in Knowledge Management. *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE.
  - [43] C. Scharmer. 2001. Self-Transcending Knowledge: Sensing and Organizing Around Emerging Opportunities. *Journal of Knowledge Management*, vol 5, nro. 2, ISSN: 1367-3270.
  - [44] M. Li ja F. Gao. 2003. Why Nonaka highlight tacit knowledge: a critical review. *Journal of Knowledge Management*, vol. 7, nro. 4, ISSN: 1367-3270.
  - [45] K. Hilden. 2010. Laajakaistaverkon viankorjausprosessin mallinnus ja kehitys. Diplomityö, Aalto-yliopisto, Teknillinen Korkeakoulu.
  - [46] P. Gray. 2001. A problem-solving perspective on knowledge management practices. *Decision Support Systems*, vol. 31, nro. 1.
  - [47] Elisa Cognos-raportti 1. 2011. 110131SK02 Häiriötikettien listaus luontipäivän mukaan Valintaraportti, Elisan sisäinen raportti aikaväliltä 1.1.2011 - 31.12.2011.
  - [48] Elisa Cognos-raportti 2. 2011. 101124SK01 40 vrk rullaava tikettilistaus LL-viat, Elisan sisäinen raportti aikaväliltä 19.11.2011 - 29.12.2011.
  - [49] Elisa Cognos-raportti 3. 2011. 111114AH01 Kertautuvat, Elisan sisäinen raportti aikaväliltä 1.1.2012 - 31.1.2012.
  - [50] Elisa Cognos-raportti 4. 2011. 110131SK02 Häiriötikettien listaus luontipäivän mukaan Valintaraportti, Elisan sisäinen raportti aikaväliltä 1.9.2011 - 31.12.2011.
  - [51] Elisa Oyj. 2012. SLA-Yhteenvetoraportti, Toimivuus, 1/2012, Elisan sisäinen raportti.
  - [52] T. Dierks ja E. Rescorla. 2008. The Transport Layer Security (TLS) Protocol, Version 1.2. RFC 5246.
  - [53] A. Vuolle. 2011. ADSL-kättelyn epäonnistumisen havainnointi, Elisan sisäinen raportti.